

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Brenda Mello Franco

**APLICAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIOSORVENTES NO  
TRATAMENTO DE UM EFLUENTE DE TELHADO VERDE EXTENSIVO**

Santa Maria, RS  
2021

**Brenda Mello Franco**

**APLICAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIODISSORVENTES NO TRATAMENTO DE  
UM EFLUENTE DE TELHADO VERDE EXTENSIVO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia civil.**

Orientador: Prof. Dr. Daniel Gustavo Allasia Picilli

Santa Maria, RS

2021

Franco, Brenda Mello  
APLICAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIOSORVENTES NO  
TRATAMENTO DE UM EFLUENTE DE TELHADO VERDE EXTENSIVO /  
Brenda Mello Franco.- 2021.  
96 p.; 30 cm

Orientador: Daniel Gustavo Allasia Piccilli  
Coorientadora: Jordana Georjin  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, RS, 2021

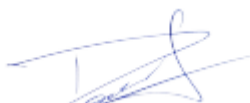
1. Telhado verde 2. Biossorventes 3. Filtros I.  
Allasia Piccilli, Daniel Gustavo II. Georjin, Jordana  
III. Título.

**Brenda Mello Franco**

**APLICAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIOSSORVENTES NO TRATAMENTO DE  
UM EFLUENTE DE TELHADO VERDE EXTENSIVO**

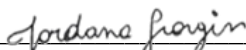
Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

**Aprovado em 28 de setembro de 2021:**



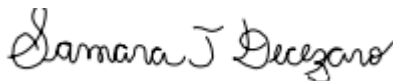
---

**Daniel Gustavo Allasia Piccilli, Dr. (UFSM)**  
(Orientador)



---

**Jordana Georgin, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**  
(Coorientadora)



---

**Samara Terezinha Decezaro, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**



---

**Jivago Schumacher de Oliveira, Dr. (UFN)**

Santa Maria, RS  
2021

## **AGRADECIMENTOS**

A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo, orientadores, professores, família e amigos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

### APLICAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIOSORVENTES NO TRATAMENTO DE UM EFLUENTE DE TELHADO VERDE EXTENSIVO

AUTORA: Brenda Mello Franco  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Daniel Gustavo Allasia Picilli  
COORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Jordana Georgin

Os telhados verdes (TV) são soluções que contribuem para o controle do escoamento pluvial em áreas urbanas, aliviando as demandas por novas obras de drenagem pluvial, além de melhorar o conforto térmico e acústico. Entretanto, existem poucas pesquisas relacionadas à qualidade da água escoada de telhados verdes, em especial no Brasil. Neste sentido, esta pesquisa visa avaliar a qualidade da água escoada de um telhado verde extensivo bem como o tratamento por meio de filtros com diferentes composições, visando atender as exigências legais para diferentes usos. O estudo foi constituído por duas fases, sendo que na primeira a água escoada do telhado verde passava por quatro filtros em paralelo, o primeiro composto por areia, brita, casca de amendoim (*Arachishypogaea L.*) utilizado como adsorvente, e sementes de moringa (*Moringa Oleifera*), estas utilizadas como coagulante natural. Na segunda etapa a água escoada passou pelos filtros em série, resultando em apenas uma amostra com a adição do carbonato de sódio, utilizado como corretor de pH. Para a análise qualitativa da água escoada (bruta) e da água após tratamento, foram analisados os parâmetros físicos (turbidez, cor, condutividade elétrica, sólidos e temperatura), químicos (pH, fosfato, nitrato, nitrito, cloreto e sulfatos) e microbiológicos (coliformes totais e *E. coli*), vigentes para uso potável ou não da água. Os resultados apontaram que o TV atuou como fonte de cor, turbidez, sólidos, condutividade elétrica, coliformes totais, *E. coli* e nitrito. Entretanto, a utilização dos filtros de forma contínua, juntamente com a correção de pH e desinfecção da água, apresentou melhora de alguns parâmetros como cor, sólidos, pH e nitrito, não detectando a presença de microrganismos. Comparando os resultados encontrados com as legislações vigentes de potabilidade da água, observou-se que as águas após as duas etapas de tratamento, apresentaram características para usos não potáveis, segundo a ABNT NBR 15527/2019. Com relação a eficiência dos tratamentos utilizados, a segunda fase apresentou eficiência de 98,3% para cor, 98,2 % para sólidos e 100% para coliformes totais e *E. coli*, se comparado a água bruta. Portanto, para uma melhor qualidade da água escoada e eficiência na utilização de filtros pós TV, sugere-se estudos a longo prazo quanto a configuração dos filtros e o uso de diferentes biossorventes.

**Palavras-chave:** Parâmetros. Eficiência. Qualidade.

## ABSTRACT

### APPLICATION OF FILTERS CONTAINING BIOSORBENT IN THE TREATMENT OF AN EXTENSIVE GREEN ROOF EFFLUENT

AUTHOR: BRENDA MELLO FRANCO  
ADVISOR: PROF. DR. DANIEL GUSTAVO ALLASIA PICCILLI  
COADVISOR: PROF.<sup>a</sup> DR<sup>a</sup>. JORDANA GEORGIN

Green roofs (GR) are solutions that contribute to the control of rainwater runoff in urban areas, alleviating the demand for new rainwater drainage works, in addition to improving thermal and acoustic comfort. However, there is little research related to the quality of water drained from green roofs, especially in Brazil. In this sense, this research aims to evaluate the quality of the water drained from an extensive green roof, as well as the treatment through filters with different compositions, to meet the legal requirements for different uses. The study consisted of two phases, the first of which the water drained from the green roof passed through four filters in parallel, the first consisting of sand, gravel, peanut shell (*Arachishypogaea L.*) used as an adsorbent, and moringa seeds (*Moringa Oleifera*), these used as a natural coagulant. In the second stage, the drained water passed through the filters in series, resulting in only one sample with the addition of sodium carbonate, used as a pH corrector. For the qualitative analysis of drained water (raw) and water after treatment, physical (turbidity, color, electrical conductivity, solids and temperature), chemical (pH, phosphate, nitrate, nitrite, chloride and sulfates) and microbiological parameters were analyzed (total coliforms and *E. coli*), in force for drinking or non-drinking use of water. The results showed that GR acted as a source of color, turbidity, solids, electrical conductivity, total coliforms, *E. coli* and nitrite. However, the continuous use of filters, together with pH correction and water disinfection, improved some parameters such as color, solids, pH and nitrite, not detecting the presence of microorganisms. Comparing the results found with the current legislation on water potability, it was observed that the water after the two stages of treatment presented characteristics for non-potable uses, according to ABNT NBR 15527/2019. Regarding the efficiency of the treatments used, the second phase showed an efficiency of 98.3% for color, 98.2% for solids and 100% for total coliforms and *E. coli*, when compared to raw water. Therefore, for a better quality of drained water and efficiency in the use of filters after GR, long-term studies are suggested regarding the configuration of filters and the use of different biosorbents.

**Keywords:** Parameters. Efficiency. Quality.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1 - Composição do telhado verde .....19

### CAPÍTULO 2

Figura 1- Localização da área experimental .....55

Figura 2 - Vegetação de Sedum rupestre no telhado verde .....58

Figura 3 - Desenho esquemático da estrutura de filtros e reservatórios do TV .....59

Figura 4 - Desenho esquemático da segunda etapa de estudos .....60

Figura 5 - Sistema de filtração acoplado ao telhado verde .....62

Figura 6 - Camadas constituintes dos filtros.....643

Figura 7 - Resultados para cor, turbidez, SDT e condutividade elétrica das 7 amostras  
.....698

Figura 8 - Análise de Escherichia coli das amostras coletadas de cada filtro .....73



## LISTA DE QUADROS

### **CAPÍTULO 1**

Quadro 1 – Classificação de telhados verdes .....	187
Quadro 2 - Padrões de qualidade a água da chuva (ABNT NBR 15527/2019) .....	21

### **CAPÍTULO 2**

Quadro 1- Parâmetros e metodologias empregadas para avaliação da qualidade da água.....	64
---	----

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Dimensionamento de filtros de areia convencional e modelo reduzido.....	27
--	----

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Valores máximos e mínimos das análises físicas de cada filtro, comparados com as normas vigentes.....	69
Tabela 2 - Comparação dos resultados das amostras analisadas com as normas vigentes de potabilidade da água.....	71
Tabela 3 - Valores de coliformes totais para 5 amostras de cada tratamento da 1ª fase.....	72
Tabela 4 - Valores encontrados de coliformes totais das amostras de água bruta e tratada da 2ª fase.....	72

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	13
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	16
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	17
3.1 HISTÓRIA, CONCEITO E APLICABILIDADE DE TELHADOS VERDES.....	17
3.2 TIPOLOGIA E COMPOSIÇÃO GERAL DE TELHADOS VERDES .....	18
3.3 ESPÉCIES VEGETAIS PARA TELHADOS VERDES.....	20
3.4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	21
3.5 QUALIDADE DA ÁGUA DE TELHADOS VERDES .....	22
3.6 DESCARTE DO ESCOAMENTO INICIAL OU FIRST FLUSH .....	23
3.7 USO DE FILTROS PARA MELHORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA.....	24
3.7.1 Uso de filtros de areia com bioSORVENTES.....	26
3.7.2 Dimensionamento de filtros de areia .....	27
3.8 PROCESSO DE DESINFECÇÃO UTILIZANDO CLORAÇÃO .....	29
3.9 ADSORÇÃO.....	30
3.10 CASCA DE AMENDOIM .....	31
3.11 SEMENTE DE <i>Moringa oleifera</i> .....	32
3.12 CORREÇÃO DE pH .....	33
<b>4 REFERÊNCIAS</b> .....	35
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	52
<b>5 RESULTADOS</b> .....	52
5.1 ARTIGO 1- UTILIZAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIORSORVENTES ACOPLADOS EM UM TELHADO VERDE EXTENSIVO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	53
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	54
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	56
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	56
2.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO .....	57
2.3 DESCARTE DA PRIMEIRA CHUVA OU FIRST FLUSH .....	61
2.4 SISTEMA DE FILTRAÇÃO.....	62
2.5 PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS.....	64
2.6 AVALIAÇÃO E PADRÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA DE TELHADOS VERDES .....	64
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	66
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	66
3.2 PARÂMETROS FÍSICOS DE QUALIDADE.....	66

3.3	PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE .....	70
3.4	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS .....	73
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>75</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>
	<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>94</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>96</b>

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

As coberturas ou telhados verdes (TV) são sistemas construtivos que simulam processos hidrológicos que ocorrem nas camadas superficiais do solo. Essas coberturas absorvem e retêm a água da chuva, que permanece no substrato e no próprio sistema de drenagem, reduzindo assim o volume escoado e vazões de pico, diferente do que ocorre em telhados convencionais, que drenam diretamente as vazões para as redes de drenagem (LIU et al., 2019; MARIANA et al., 2019; MUÑOZ; GARCÍA, 2015; PARDELA et al., 2020; TASSI et al., 2014).

A maioria dos estudos sobre TV se concentram em investigar os aspectos quantitativos, estéticos e de balanço energético (PESSOA, 2016; FARIAS, 2012; ZHANG et al., 2019). No entanto, pesquisas referentes à qualidade da água escoada de telhados verdes são bastante limitadas. Estudos relatam que a água precipitada após escoar por TV promove melhoria em alguns parâmetros (pH e amônia), indicando o seu uso para fins não potáveis (GREGORIE e CLAUSEN, 2011; KEELER e BURKE, 2010; TEEMUSK e MANDER, 2011). Porém, outros estudos relatam pontos negativos quanto a qualidade da água escoada de telhados verdes, com o aumento de concentrações de nitrato, cor, turbidez e sólidos suspensos (FERRANS et al., 2018; PESSOA, 2016; TEIXEIRA et al., 2017).

A qualidade da água escoada é influenciada pelas características dos próprios telhados verdes como, substrato e vegetação, e por fatores externos como vento, sazonalidade e intensidade da precipitação (KLEIN, 2017; PESSOA, 2016; SAVI, 2018). Alguns autores divergem quanto a qualidade, boa ou ruim, da água escoada do TV, mas acreditam que de alguma forma esta qualidade é afetada, uma vez que os nutrientes presentes no substrato são lixiviados pela chuva (AKTHER et al., 2018; LIU et al., 2020; FERRANS et al., 2018). Por esta razão, quando a qualidade da água escoada não atinge os padrões requeridos, uma alternativa de tratamento é a aplicação de filtros.

A filtração consiste na remoção dos sólidos em suspensão nas águas pluviais, que envolvem processos físico-químicos e microbiológicos, visando à remoção de impurezas

da água, através de leitos de meios porosos constituídos por areia, cascalho e em alguns casos, carvão ativado. A filtração, no tratamento de água, visa melhorar os parâmetros da água como cor e turbidez (NKWONTA, 2010; TEIXEIRA e GHISI, 2019; CLAYTOR e SCHUELER, 1996).

Os filtros de areia são capazes de reduzir em média 80% da cor, turbidez, sólidos suspensos e microrganismos presentes nas águas escoadas de TV (BERNDTSSON, 2010; PECZKOWSKI et al., 2018; ZIPF et al., 2013). Esses filtros são importantes no tratamento da água de telhados verdes, pois, após uma chuva muito intensa, a partir de 15 mm, a água lixivia partículas de solo que contribuem para piora da qualidade da água escoada (PESSOA, 2016; MIMURA et al., 2010). Para melhorar a eficiência dos filtros de areia, pode ser utilizada uma camada com bioissorventes que promova a adsorção dos poluentes remanescentes (ADEWUYI, 2020; PAN et al., 2020; SILVA et al., 2020).

Os processos de adsorção realizados pelas indústrias, às vezes são considerados onerosos. Por esta razão, para reduzir gastos e ampliar a utilização de fontes alternativas de sorção, emprega-se o uso de materiais alternativos denominados bioissorventes, os quais apresentam como grande vantagem o baixo custo. Estes materiais são constituídos basicamente por macromoléculas como lignina, celulose e proteínas, que promovem a adsorção de poluentes, tais como, zinco, cobre, níquel e magnésio presentes na água devido a fertilização do solo (NGAH; HANAFIAH, 2008; GEORGIN et al., 2016). No Brasil, alguns materiais como, casca de arroz, casca de amendoim, casca de coco e bagaço de cana-de-açúcar já foram utilizados como adsorventes para avaliar a eficiência na remoção de corantes, metais e pesticidas (NUNES, 2014; MIMURA et al., 2010; SILVA et al., 2014; PEREIRA et al., 2018).

A casca de amendoim (*Arachishypogaea L.*), possui alta capacidade adsorptiva na remoção de metais como, cádmio e níquel em efluentes têxteis, remoção de sólidos suspensos e matéria orgânica (MASSIE, SANDERS, e DEAN, 2015; MIMURA et al., 2010; TEJEDOR et al., 2020; SANTOS, 2018; PESSÔA et al., 2017). A semente de *Moringa oleifera* é utilizada como coagulante natural, mostrando alta eficiência na remoção de microrganismos como, a *Escherichia coli*, cuja presença na água pode causar doenças tal como infecções urinárias, colite hemorrágica e diarreia (RAVIKUMAR e SHEEJA, 2013; RECK et al., 2013; REDDY et al., 2013).

A última etapa do tratamento de água é a desinfecção. Um dos processos mais comuns utilizados é a cloração, a qual tem como objetivo a remoção ou inativação de microrganismos patogênicos, como a *Escherichia coli* e a *Leptospira*, que podem causar doenças como Disenteria bacteriana e Leptospirose (LAUBUSCH, 1971; WHITE, 2010). Um dos compostos mais empregados na cloração é o hipoclorito de sódio (NaOCl), que é um sal solúvel em água, de baixo custo e vastamente utilizado, que não possui riscos à saúde (MCDONNELL e RUSSELL, 1999; SILVA, 2018; LAUBUSCH, 1971; WHITE, 2010; VALERI et al., 2015; MAY, 2009). Não foram encontrados na literatura trabalhos relacionados a utilização de sementes de Moringa ou casca de amendoim como bioissorventes, com desinfecção com hipoclorito de sódio no tratamento da água escoada de telhados verdes.

Portanto, no presente trabalho foi realizada uma avaliação da qualidade da água da chuva escoada por um telhado verde extensivo, comparando a sua qualidade com o uso de filtros de areia e a utilização de bioissorventes, como, casca de amendoim e semente de *Moringa oleifera*. Na comparação foram realizadas análises físicas (cor, turbidez, condutividade elétrica, sólidos e temperatura), químicas (pH, fosfato, cloreto, nitrato, nitrito, amônia, cloro e sulfatos) e microbiológicas (coliformes totais e *E. coli*), e relacionados com os requerimentos da norma ABNT NBR 15527/2019, que dispõe sobre o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis.

## 2 OBJETIVOS

- Objetivo geral

Avaliar o desempenho de filtros com bioSORVENTES no tratamento de água escoada por um telhado verde extensivo, através de análises físico-químicas e microbiológicas.

- Objetivos específicos

- Analisar a qualidade da água bruta escoada pelo telhado verde;

- Avaliar o desempenho de um filtro com semente de *Moringa Oleifera* e filtro composto com casca de amendoim no tratamento da água escoada pelo telhado verde;

- Avaliar a qualidade da água final quanto aos requisitos para uso potável ou não;

- Comparar o desempenho de filtros com bioSORVENTES e filtros convencionais (areia) e filtro de areia com desinfecção.



### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 HISTÓRIA, CONCEITO E APLICABILIDADE DE TELHADOS VERDES

Os primeiros registros de telhado verde foram datados nos anos de 600 a.C., na antiga Mesopotâmia e Babilônia, os chamados de Jardins Suspensos da Babilônia, com finalidade estética e energética (OSMUNDSON, 1997; MAGILL et al., 2011; JIM, 2017). Em busca de proporcionar conforto térmico ao ambiente, os jardins suspensos, chamados de Zigurates, chegavam a medir 90 metros de altura (QUINTELLA, 2012; BUENO, 2010; JIM, 2017).

A Alemanha foi pioneira em pesquisas científicas com objetivo a conservação das águas e energia através desse sistema construtivo. Nos anos de 1950, o governo começou a investir nesse setor e muitas técnicas de construção foram desenvolvidas. Nos anos 1970, foram introduzidos nesse sistema de telhados verdes materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, entre outros, com a função de aprimorar a retenção da água precipitada. No final dos anos 1990 a Alemanha possuía, aproximadamente, 14% de coberturas verdes empregadas em todo o país (BUENO, 2010; ARAÚJO, 2007; MAGILL et al., 2011; QUINTELLA, 2012).

No Brasil, a primeira construção de telhado verde foi no Palácio Gustavo Capanema, a atual sede do Ministério da Educação, no Rio de Janeiro em 1947 (CANERO e REDONDO, 2010; ROSSETI et al., 2013). Essa técnica ainda é pouco utilizada no país, mas já existem leis de incentivo por parte do governo para implementação em algumas capitais, como é o caso de Recife, com a lei nº. 18.112/2015 (dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do telhado verde), que está em vigor desde janeiro de 2015. O objetivo desta legislação é aumentar as áreas verdes através da exigência legal de instalação de telhado verde em novas edificações com mais de 4 pavimentos e com área coberta acima de 400 metros quadrados.

Telhados verdes ou coberturas verdes são sistemas construtivos que consistem em uma cobertura vegetal sobre uma estrutura devidamente impermeabilizada, podendo ser instaladas sobre telhados convencionais, com um sistema de drenagem para escoamento do excedente pluvial (JOBIM, 2013; OLIVEIRA, 2009; PARDELA et al.,

2020; CORSINI, 2011). Proporcionam conforto térmico, com uma variação de temperatura entre 1,7°C até 3,9°C, reduzindo em, aproximadamente, 10% os custos com sistemas de ar-condicionado (KREBS e JOHANSSON, 2021; NETO, 2012; RAWAT e SINGH, 2021). As coberturas verdes também amenizam os efeitos de ilhas de calor por meio da evapotranspiração das plantas nos telhados. Ainda, conseguem reter de 15% a 70% das águas pluviais, o que reduz os picos de enchentes (CARSON et al., 2013, GETTER et al., 2007; HUTCHINSON et al., 2003; LIU et al., 2019; MENTENS et al., 2006; SPANGENBERG, 2004; ZHANG et al., 2019).

### 3.2 TIPOLOGIA E COMPOSIÇÃO GERAL DE TELHADOS VERDES

Segundo a IGRA (*International Green Roof Association*), os telhados verdes possuem 3 classificações: intensivo, semiextensivo e extensivo. Nessas modalidades ocorrem variações quanto ao custo, peso, tipo de vegetação, manutenção e uso, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação de telhados verdes

	<b>INTENSIVO</b>	<b>SEMI-INTENSIVO</b>	<b>EXTENSIVO</b>
<b>USO</b>	Parque similar a um jardim	Telhado verde	Camada de proteção ecológica
<b>CUSTOS</b>	Alto	Médio	Baixo
<b>MANUTENÇÃO</b>	Alto	Periodicamente	Baixo
<b>IRRIGAÇÃO</b>	Regularmente	Periodicamente	Não
<b>PLANTAS</b>	Gramado, arbustos e árvores	Gramas, ervas e arbustos	<i>Sedum</i> , ervas e gramíneas
<b>PESO</b>	180-500 Kg/m <sup>2</sup>	120-200 Kg/m <sup>2</sup>	70-170 Kg/m <sup>2</sup>

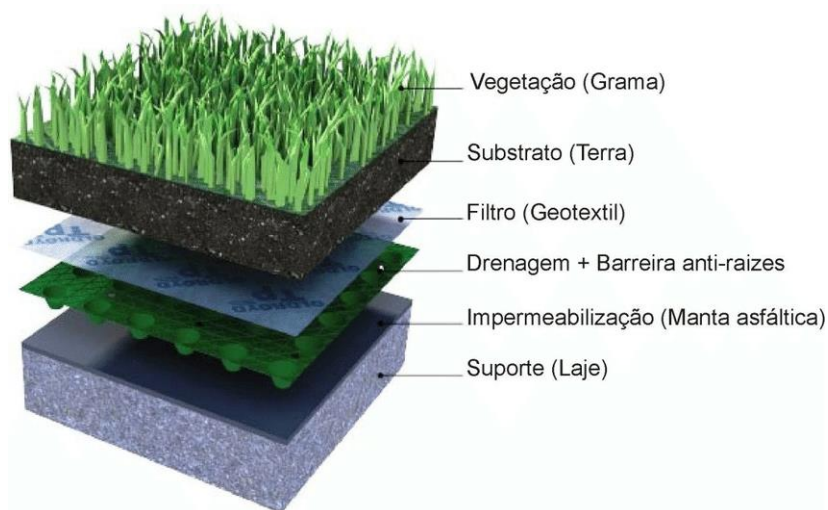
Fonte: Autora.

Os telhados verdes intensivos necessitam de uma estrutura com maior capacidade estrutural, por comportarem plantas de porte médio a grande, o que acarreta mais custos na construção e manutenção. Esse tipo de TV é projetado para o uso recreativo do espaço. Já os semi-intensivos são intermediários aos telhados intensivo e extensivo,

necessitam de pouca manutenção e estruturas com capacidade menor ao intensivo, pois, podem ser compostos de plantas de baixo a médio porte (ALLNUTT et al., 2011; OLIVEIRA, 2019; SILVA, 2011; SAVI, 2012).

Os telhados verdes extensivos são os mais empregados, pois, necessitam de pouca ou nenhuma manutenção, são compostos por vegetação de pequeno porte, transferindo assim menor carga à estrutura e necessitam de uma pequena camada de substrato que pode variar de 5 a 15 cm (DUNNETT e KINGSBURY, 2008; FRANCIS et al., 2014; ALLNUTT et al., 2011). Os telhados verdes são compostos por cinco camadas, sendo elas, vegetação, substrato, camada de filtração, drenagem e impermeabilização, como apresentado na figura 1 (CARBONE et al., 2014; GONÇALVES, 2018; CASTRO e GOLDENFUM, 2010).

Figura 1 - Composição de um telhado verde extensivo



Fonte: Oldroyd (2011).

A camada vegetal é responsável por reter a água no substrato e por realizar os processos de evapotranspiração e interceptação. Para a região sul do Brasil as espécies mais recomendadas são: Gramma-amendoim (*Arachis Repens*), bálsamo (*Sedum Dendroideum*) e *Sedum rupestre*, pela sua capacidade de resistir a períodos de frio e seca e por não necessitarem de poda (LORENZINI NETO, 2014; LIBERALESSO, 2018).

A camada de substrato geralmente é constituída de solo (areia e argila), a qual é responsável por proporcionar suporte às plantas, assegurando seu crescimento e fornecendo os nutrientes necessários (LUCKETT, K., 2009; TASSI et al., 2014). A camada filtrante é composta por um material chamado geotêxtil, feito de poliéster ou polipropileno, é um material fino e leve, que separa a parte inferior do substrato da camada de drenagem. É um elemento muito importante, pois impede que as partículas finas do substrato obstruam a camada de drenagem, danificando o sistema (GEROTO, 2008; MACCAFERRI, 2014; PALMEIRA, TREJOS, 2017).

Quanto à camada de drenagem, sua composição pode ser constituída tanto por britas, seixos, quanto por restos de materiais de construção civil. Essa camada possui duas funções principais no telhado verde, uma é conduzir a água para que o solo não fique completamente saturado, e a outra é armazenar a água para a vegetação, para que não seja necessária a rega constante (CORSINI, 2011; MINKE, 2004). A camada de impermeabilização evita que a estrutura da cobertura entre em contato direto com água, assim, proporciona uma maior efetividade e durabilidade ao telhado. O material mais utilizado são as mantas asfálticas (BEATRICE, 2011; SAVI, 2012; PAÇO et al., 2019). A laje ou estrutura de suporte deve ser dimensionada considerando-se a carga média a ser instalada sobre ela, considerando os elementos que compõem um telhado verde (FARIAS, 2012; MELO e MENDONÇA, 2017).

### 3.3 ESPÉCIES VEGETAIS PARA TELHADOS VERDES

A vegetação nas estruturas de telhados verdes contribui para absorção da precipitação, diminuindo o volume de chuva escoado, e da radiação solar, o que ajuda a diminuir a temperatura interna de ambientes construídos (LIBERALESSO, 2018). A escolha da vegetação é muito importante, pois, devem-se levar em conta as características do clima local, já que a planta precisa ser resistente a mudanças climáticas, ser de pequeno porte e não necessitar de manutenção e irrigação. Outros aspectos como a incidência solar, índices pluviométricos, temperatura do local, ventos dominantes, inclinação do telhado verde e a necessidade de retenção de água pela

vegetação também devem ser considerados na escolha da vegetação a ser adotada (SANTOS, 2018; PALMEIRA, 2016).

As espécies de plantas mais indicadas para telhados extensivos, são as do gênero *Sedum*, *Bulbine* e *Arachis*. As plantas dos gêneros *Sedum* são espécies do tipo suculenta, que realizam fotossíntese tipo CAM (Metabolismo do ácido das Crassuláceas), que melhor se adapta ao estresse hídrico. As plantas do tipo CAM fecham seus estômatos e, assim, reduzem a transpiração durante o dia para conservar a umidade e abrem os estômatos apenas a noite, utilizando gás carbônico presente em ácidos orgânicos para uso na fotossíntese durante o dia (ALLNUTT et al., 2011; LIU et al., 2012).

### 3.4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A água escoada de telhados verdes após passar por filtros possui teores máximos de impurezas permitidos na água, que são estabelecidos em função dos seus usos, por esta razão, para um descarte adequado deve-se levar em conta os padrões de qualidade da água, como a Portaria nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde, que dispõe sobre o controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Também levou-se em conta a ABNT NBR 16783/2019, que dispõe sobre o uso de fontes alternativas de água não-potável em edificações.

A ABNT NBR 15527/2019, fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Recomenda, na falta de dados de chuva, o descarte de 2 mm da precipitação inicial. Tal norma se aplica à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas associadas ao edifício, em que as águas das chuvas podem ser utilizadas, após tratamento adequado, para diversos fins não-potáveis, como, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas e usos industriais. O quadro 2 traz os padrões de qualidade para o aproveitamento da água da chuva para fins não-potáveis.

Quadro 2- Padrões de qualidade da água da chuva para fins não-potáveis (ABNT NBR 15527/2019 e NBR 16783/2019)

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes totais (NMP/100mL)	Semestral	< 200 NMP/ 100 mL
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Semestral	<200 NMP/ 100 mL
Cloro residual livre (mg/L)	Mensal	5,0
Turbidez (uT)	Mensal	5,0
pH	Mensal	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado ABNT NBR 15527/2019 e NBR 16783/2019.

### 3.5 QUALIDADE DA ÁGUA DE TELHADOS VERDES

A avaliação da qualidade das águas escoadas de telhados verdes tem trazido interesse e alguns resultados, como Akther et al. (2018), Berndtsson (2009), Ferrans (2018), Kohler e Schmidt (2003), Liberalesso (2018) e Pessoa (2016), em seus estudos permitiram entender como os telhados verdes podem influenciar na qualidade da água escoada. Os telhados verdes atuaram como fonte de cloretos, condutividade elétrica, cor, sólidos totais, coliformes totais, *E. coli*, fosfato, fósforo e turbidez. Por esta razão, a água escoada de TV possui características de ser muito turva, possuir cor escura, altos teores de fósforo, nitrogênio e nitratos, além de microrganismos (PESSOA, 2016).

Sabe-se que alguns fatores podem intervir nos aspectos qualitativos das águas escoadas de telhados verdes, são eles: tipo de vegetação, sazonalidade, características físico-químicas dos poluentes presentes na água lixiviada, como sólidos, nitrito e fosfatos, precipitação, meio de cultivo, condições climáticas locais ou regionais, entre outros (FERREIRA e MORUZZI, 2007; AKTHER et al., 2018; LIU et al., 2020; MUÑOZ; GARCÍA, 2015).

Vialle et al., (2011) encontraram através de análises microbiológicas, coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococos na maioria das amostras, indicando contaminação

microbiológica da água, principalmente em amostras coletadas durante o verão. A presença de *E. coli* e enterococos estavam associadas com a precipitação, devido a fontes poluidoras no TV, como animais presente no local. A fauna é uma das principais fontes de contaminação microbiológica de telhados verdes, pois suas excreções podem conter poluentes tanto microbiológicos como químicos, apresentando elevados índices de fósforo e nitrogênio, além de *E. coli* e coliformes totais (FARIA et al. 2007; ANDRADE NETO, 2003; SOUZA, 2009).

Em outro estudo, a água resultante do escoamento pluvial no telhado verde apresentou índices mais elevados quanto à cor e matéria orgânica dissolvida do que em telhados convencionais, estando relacionados principalmente à distribuição e intensidade dos eventos chuvosos, pois uma chuva muito intensa pode carrear partículas de solos deteriorando a qualidade da água escoada (PERSCH, TASSI e ALLASIA, 2011).

Portanto, segundo estudos relacionados à qualidade da água escoada de telhados verdes, ficou evidente a necessidade da realização de análises qualitativas da água, como a análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e também de tratamento da água escoada de TV.

### 3.6 DESCARTE DO ESCOAMENTO INICIAL OU FIRST FLUSH

O descarte inicial da chuva ou first flush, pode melhorar significativamente a qualidade da água da chuva e recomenda-se como etapa primordial do projeto (TOMAZ, 2007; DA COSTA, 2011). O volume adequado do dispositivo responsável pelo descarte do escoamento inicial varia com a intensidade do evento de precipitação (ABDULLA, AL-SHAREEF, 2009; NAKADA e MORUZZI; 2014). O first flush é um procedimento simples e recomendável, de limpeza da água da chuva, consiste na remoção dos primeiros milímetros de chuva, devido à alta concentração de poluentes tóxicos dispersos na atmosfera, além da poeira, fuligem, metais pesados e materiais orgânicos que acumulam nas coberturas e calhas. A maioria dos metais pesados encontrados nas águas pluviais urbanas provém do escoamento superficial e são fixados aos sólidos em suspensão que tornam a água turva (SILVA, 2014; HAGEMANN, 2009; DAVIS et al., 2001; ZURAINI et al, 2018).

O first flush pode ser feito através de um item importante do sistema de aproveitamento que é o reservatório de eliminação da primeira chuva, componente simples ou com o auxílio de dispositivos automáticos. Este reservatório recebe a chuva inicial, retendo-a ou descartando-a para que a mesma não entre em contato com a chuva seguinte, menos poluída, que será direcionada ao reservatório de armazenamento final. Essa chuva direcionada ao reservatório final, mesmo que tenha passado apenas por este tratamento simplificado, tem seu uso voltado apenas para fins não potáveis (ANNECCHINI, 2005; LEE et al., 2002).

O descarte da primeira chuva pode também estar associado a uso de um filtro e de uma estrutura desinfetante. O filtro remove as partículas grosseiras presentes no escoamento e a estrutura desinfetante pode eliminar os microrganismos oriundos da precipitação (SILVA, 2014; HAGEMANN, 2009). Oliveira (2012) avaliou em seu estudo que, os primeiros milímetros de chuva retidos e a análise da água retida foi muito mais significativa desde a primeira chuva, pois os poluentes que se encontram no meio permanecem inertes por um longo período e uma primeira precipitação carrega estes elementos para fora, tornando a qualidade da água lixiviada neste primeiro escoamento inferior aos subsequentes.

### 3.7 USO DE FILTROS PARA MELHORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

A filtração é um processo que consiste na passagem de água por um meio poroso, no qual ocorre a remoção da matéria em suspensão. Esta remoção envolve mecanismos de transporte e aderência como retenção, interceptação, difusão, adsorção, entre outros fenômenos (CLAYTOR E SCHUELER, 1996; SILVEIRA, COUTINHO e VELOSO, 2018). No entanto, a eficiência do filtro não depende apenas destes fenômenos. Alguns fatores podem influenciar na eficiência deste processo, como, características físico-químicas da água, resistência específica do meio poroso, taxa de aplicação, o método de operação do filtro, concentração de sólidos em suspensão e área do meio filtrante (CREMASCO, 2012; SILVEIRA, COUTINHO e VELOSO, 2018).

O processo de filtração pode ser classificado quanto ao tipo de filtração (lento ou rápido) e quanto ao meio filtrante (camada simples, dupla ou tripla). Os filtros lentos operam com baixas taxas de aplicação, sua construção, operação e manutenção são



simples, sendo aplicadas em águas com baixa vazão e baixa turbidez. Já os filtros rápidos para uma determinada vazão, necessitam menos área que os filtros lentos, pois operam com altas taxas de aplicação necessitando de um pré-tratamento, como coagulação e floculação (HUISMAN; WOOD, 1974). Os filtros de leito granular utilizam como material filtrante, areia, brita e/ou adsorvente e podem ser compostos por camada simples, (apenas areia), dupla ou tripla, areia e brita ou areia brita e adsorvente (BRINCK, 2009).

No tratamento de água, o processo de filtração tem função primordial na remoção de partículas responsáveis pela cor e turbidez da água. Nele ocorrem os processos físico-químicos e microbiológicos, que visam a remoção de impurezas da água, utilizando leitos de meios porosos constituídos por areia, cascalho e em alguns casos com adição de biossorventes (TEIXEIRA; GHISI, 2019; SILVESTER, 2014; LOGAN et al., 1995; RICHARD et al., 1996; LIBÂNIO, 2010).

O processo de filtragem dos filtros de areia envolve filtração, absorção, captação de vegetação, e biotransformação. Os metais pesados são filtrados pela camada superior do filtro, enquanto os nutrientes são filtrados pela absorção das plantas (DAVIS et al., 2001; HERMAWAN et al., 2018). A camada de cascalho é definida na parte inferior do sistema para promover a drenagem e geralmente há uma camada de transição, composta de areia de tamanhos diferentes, entre o meio filtrante e a camada de cascalho para minimizar a perda do meio filtrante sendo lixiviado (LIM et al., 2015; HERMAWAN et al., 2018).

Os filtros de areia empregados no tratamento da água da chuva são compostos por um tanque ou galão de volume variável, o dimensionamento depende das vazões com que se vai trabalhar. Os materiais que compõem o sistema filtrante são de baixo custo e o tanque ou galão a ser utilizado pode ser reutilizado, como, por exemplo, galões de água mineral (ALLEN, CHRISTIAN-SMITH & PALANIAPPAN, 2010; JUNIOR & MARTINS, 2006). Os filtros de areia beneficiam a adsorção de contaminantes do efluente de TV, além de serem de simples operação, necessitam de pouca manutenção e apresentam baixo custo de operação (ALLEN, CHRISTIAN-SMITH & PALANIAPPAN, 2010; BOURKE et al., 2002). A eficiência do filtro de areia depende da taxa de aplicação, qualidade do efluente, espessura e granulometria das camadas filtrantes. Esses filtros

são eficazes na retenção de materiais sólidos em suspensão, como materiais orgânicos, areias finas e partículas de silte (WALKER & WYNN, 1986; MARTINS & LISBOA, 2016).

Os filtros com biossorventes funcionam da mesma forma que os filtros de areia, com exceção que utiliza resíduos orgânicos como a casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, sabugo de milho, casca de amendoim, entre outros. Este processo tem a vantagem de ter baixo custo e reduzir a quantidade de resíduos orgânicos dispostos de maneira inadequada no ambiente (MAGALHÃES et al., 2006; LO MONACO et al., 2013; BRANDÃO, 2006). Além disso, podem reduzir o escoamento pluvial e filtrar a matéria em suspensão antes que as águas sejam descartadas nos corpos receptores (DIETZ, 2007; DAVIS et al., 2009; FENG et al., 2012; WITEK-KROWIAK, SZAFRAN E MODELSKI, 2011; MAGALHÃES et al., 2005; WANG et al., 2018).

### **3.7.1 Uso de filtros de areia com biossorventes**

O tratamento primário através da filtração é responsável pela remoção de sólidos sedimentáveis e parte do material orgânico. Segundo Lo Monaco et al. (2009), o tratamento de efluente de suinocultura pode ser realizado utilizando-se filtros, através de materiais alternativos de atividades agropecuárias. As principais vantagens do uso destes materiais é a possibilidade de serem compostados e reaproveitados como adubo orgânico após a filtração e o baixo custo de aquisição, como a casca de amendoim, casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar e coco (DE MATOS et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2005; BALAKRISHNAN e BATRA, 2011; MATHEW et al., 2016; WARTELLE e MARSHALL, 2000).

Lopez et al. (2010) utilizou um biofiltro com casca de amendoim para avaliar a eficiência do biossorvente na remoção de metanol, sob diferentes cargas de metanol, resultando em uma eficiência de 96 %. A utilização da casca de amendoim, *Moringa oleifera* e outros tipos de biossorventes, também apresentaram resultados significativos de mais de 80% de remoção de corantes, fármacos ou metais de soluções aquosas (GEORGIN et al., 2016; SUPRIHATIN et al., 2017; AHMED et al., 2017; TASAR, KAYA e OZER, 2014; REDDY et al., 2010; RECK et al., 2018; SOUZA et al., 2015; VIOTTI et al., 2019).

A casca de amendoim promove a remoção de metais, como, cádmio, cobre, cromo e chumbo com um percentual de remoção de mais de 89% desses metais em meios aquosos, o que demonstra que a casca de amendoim promove a diminuição de íons metálicos e pode servir como um substituto para o carvão ativado comercial (WILSON et al., 2006; SHARMA et al., 2019; TASAR E OZER, 2020). A utilização do pó de semente de *Moringa oleifera* quimicamente tratada obteve 93% de remoção para fármacos e 99% para corantes, demonstrando uma alta eficiência adsorviva como biossorvente (BAGHERI et al., 2020; RANOTE, CHAUHAN E JOSHI, 2020; CUSIOLI et al., 2019).

### 3.7.2 Dimensionamento de filtros de areia

A ABNT NBR 13969/1997, dispõe sobre projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar, dentre elas está o filtro de areia que consiste em um tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação física quanto biológica. Os materiais utilizados como materiais filtrantes são areia e brita. Quanto a manutenção dos filtros, deve-se proceder à raspagem e remoção do material depositado na superfície, juntamente com uma pequena camada de areia.

A ABNT NBR 11799/2016 especifica os requisitos mínimos para materiais filtrantes utilizados em filtros de areia para abastecimento de água. Dispõe que a areia para filtros deve ser constituída de grãos de material silicoso, com a maior dimensão menor ou igual a 4,8 mm. A camada filtrante deve ser constituída de areia com tamanho efetivo de 0,4 a 0,45 mm e os pedregulhos devem constituir tamanho efetivo entre 0,8 e 1 mm. Quanto ao adsorvente, pode-se utilizar uma camada composta por grãos de maior granulometria, sobre a camada de areia fina, promovendo, primeiramente, a remoção do material grosseiro em suspensão, o que aumenta a eficiência na remoção da turbidez, a velocidade de filtração e as carreiras de filtração (PATERNIANI et al., 2011).

O filtro de areia convencional é dimensionado conforme a ABNT NBR 12216/1992, que descreve os filtros rápidos como unidades destinadas a remover partículas em suspensão, constituídos de camada filtrante simples ou dupla de fluxo ascendente ou

descendente. Conforme esta norma, para o dimensionamento do filtro de areia deve-se levar em conta algumas dimensões, descritas na tabela 1.

Segundo Oliveira, Kunz e Perdomo (2005) para o uso de recipientes, como galões de 20 litros de água, utiliza-se o modelo reduzido de filtro, para a determinação da vazão de filtragem e seleção da granulometria da areia e da brita. Caso não seja possível fazer os testes granulométricos em laboratório utiliza-se uma regra simples de três no qual leva-se em conta os valores do filtro de areia convencional. No recipiente coloca-se materiais filtrantes, como areia e brita, tendo como base as alturas recomendadas. Conhecendo-se a altura do garrafão de água (40 cm) que irá representar o modelo reduzido do filtro, determina-se por regra de três simples a altura equivalente das camadas de material filtrante para o modelo reduzido, como mostra a tabela 1.

Tabela 2 - Dimensionamento de filtros de areia convencional e modelo reduzido

<b>Dimensões</b>	<b>Filtro de areia convencional</b>	<b>Filtro de areia reduzido</b>
<b>Capacidade de infiltração</b>	4.000 a 11.000 L/dia	-
<b>Diâmetro interno</b>	0,90 m	-
<b>Área</b>	-	0,06 m <sup>2</sup>
<b>Altura mínima</b>	2,00 m	-
<b>Fluxo mínimo</b>	4.000 L.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> ou 2,8 L.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>	0,16 L.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>
<b>Vazão máxima</b>	11.000 L.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> ou 7,6 L.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>	0,43 L.min <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>
<b>Brita nº 1</b>	10 cm	2 cm
<b>Brita zero</b>	20cm	4 cm
<b>Areia</b>	20 a 100 cm	8 cm
<b>Biossorvente</b>	45 cm	6 cm
<b>Altura da coluna de água</b>	100 a 150 cm	20 cm

Fonte: Adaptada NBR 12216/1992 e Oliveira, Kunz e Perdomo (2005).

### 3.8 PROCESSO DE DESINFECÇÃO UTILIZANDO CLORAÇÃO

Os processos de desinfecção são a última etapa no tratamento de água. Um dos processos mais comuns utilizados de desinfecção é a cloração, por ser de baixo custo e vastamente disponível, tendo como objetivo a eliminação ou inativação de organismos patogênicos, capazes de produzir doenças como infecções urinárias, colite hemorrágica e diarreia (RAVIKUMAR e SHEEJA, 2013; RECK et al., 2013; REDDY et al., 2013; SILVA, 2018). A sobrevivência desses organismos na água depende, principalmente, da temperatura, de alguns fatores ecológicos, fisiológicos e morfológicos, tais como: pH, turbidez, oxigênio, nutrientes, competição com outros organismos e resistência a substâncias tóxicas (ROSSIN, 1987; CUBILLOS, 1981; PASCHOALATO et al., 2003; MEYER, 1994). Os principais fatores que influenciam este processo são os tipos de espécie e concentração do organismo a ser destruído; espécie e concentração do desinfetante; tempo de contato; características químicas e físicas da água; grau de dispersão do desinfetante na água (LAUBUSCH, 1971).

Um dos compostos mais utilizados para a cloração é o hipoclorito de sódio (NaOCl), que é um sal solúvel em água (WHITE, 2010; SILVA, 2018). Em meio aquoso o NaOCl libera ácido hipocloroso (HOCl), que exerce um efeito biocida. O uso de NaOCl na presença de compostos orgânicos pode levar à formação de subprodutos desinfetantes, incluindo a formação de Trihalometanos (THM), cuja ingestão a longo prazo pode aumentar o risco de câncer. Se forem utilizadas as dosagens recomendadas pelo Centro de Prevenção e Controle de Doenças dos Estados Unidos (CDC) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS), as concentrações de THM permanecem abaixo do recomendado (CLAYTON et al., 2019).

A desinfecção com cloro tem como vantagem, além do baixo custo, o fácil manuseio e por não apresentar risco a saúde quando utilizado em pequenas doses, pois seu uso indevido pode desenvolver doenças respiratórias como gripe, amigdalite e sinusite. Este produto pode ser utilizado na forma líquida ou sólida em forma de pastilhas (GALLANDAT et al., 2019; SILVA, 2018; HANDA, 2012). Para o tratamento de águas pluviais com hipoclorito de sódio as concentrações ideais variam de 0,6 a 1,5 mg/L, considerando os padrões para usos não potáveis da água (MAY, 2009). O efeito do ácido peracético e do hipoclorito de sódio foram equivalentes para coliforme total e fecal, mas

o hipoclorito de sódio foi mais eficiente na remoção da *Escherichia coli* (SILVA, 2018; VESCHETTI et al., 2003).

### 3.9 ADSORÇÃO

A adsorção consiste na acumulação de moléculas de um adsorvato, material a ser adsorvido que pode ser líquido ou gasoso, sobre a superfície sólida, adsorvente. O material inicialmente adsorvido é o adsorvato, e o material onde se faz a remoção é chamado de adsorvente (PERUZZO, 2003; RUTHVEN, 1984; GEORGIN et al., 2016). A adsorção é uma das técnicas mais efetivas no tratamento de águas e efluentes, na purificação e desidratação de gases e como meios de fracionamento de fluidos que são difíceis de separar por outros meios de separação (BORBA, 2006; AHMARUZZAMAN & SHARMA, 2005).

Existem dois tipos de adsorção: adsorção física ou fisiosorção e adsorção química ou quimiosorção. O processo de adsorção física é reversível e ocorre em temperaturas baixas, caracterizado pela baixa interação do adsorvente com o adsorvato, essa baixa interação chama-se força de Van der Waals, a sua entalpia encontra-se na faixa de 20 KJ/mol. Quanto à adsorção química, é um processo irreversível, exotérmico e possui interação média entre adsorvente e adsorvato, mantida através de forças covalentes ou iônicas, a entalpia da adsorção química está na faixa de 200 KJ/mol. A molécula adsorvida quimicamente pode ser decomposta, já na adsorção física não (DROGUETT, 1983; DABROWSKI, 2001; ATKINS; DE PAULA e ILHA, 2016).

O processo de adsorção é dividido em três etapas: (I) o adsorvato se difunde por meio da solução até a superfície exterior do adsorvente. (II) o adsorvato é inserido dentro do adsorvente através dos poros e (III) adsorvido no interior da superfície das partículas do adsorvente. Para se obter uma boa eficiência o adsorvente precisa ter uma alta capacidade de adsorção e grande área superficial, levando-se em conta algumas variáveis como, massa/volume, a velocidade de agitação, pH, a área de superfície do adsorvente, volume e tamanho dos poros, a temperatura, entre outras (SOTO et al., 2011; CAVALCANTI, 2012; SANGHI; VERMA, 2013).

Para uma boa interação entre o adsorvente e o adsorvato, faz-se necessária a otimização no uso do adsorvente, à taxa de adsorção e o dimensionamento do sistema

que podem ser verificados através da cinética e da isoterma de adsorção (AHMED; THEYDAN, 2012; PESSOA, 2017).

A quantidade de substância que possa acumular ou possa ser retirada da superfície de um adsorvente é uma das características mais importantes. Uma maneira comum de descrever a capacidade de adsorção é através da quantidade de substância adsorvida por quantidade de adsorvente (q) em função da concentração de adsorvato (C) em solução, a equação 3 descreve esta relação.

$$q = \frac{(C_o - C_e)}{m} \cdot V \quad (3)$$

Onde: q: capacidade de adsorção (mg/g) Co: concentração inicial do adsorvato (mg/L) Ce: concentração final do adsorvato ou concentração no equilíbrio (mg/L); V: volume da batelada (L) m: massa do material adsorvente (g).

Para o cálculo do percentual de remoção do adsorvato pelo adsorvente utiliza-se a equação 4.

$$E(\%) = \frac{C_o - C_e}{C_o} * 100 \quad (4)$$

Onde: Co: concentração inicial do adsorvato (mg/L) Ce: concentração final do adsorvato (mg/L).

### 3.10 CASCA DE AMENDOIM

O amendoim (*Arachishypogaea L.*) é uma leguminosa com processo de frutificação, chamado de geocarpia, em que a flor aérea, após ser fecundada, produz um fruto subterrâneo. Existem em torno de 80 espécies descritas de amendoim, espalhadas desde as regiões litorâneas no Brasil e Uruguai até os Andes na Argentina. Este produto pode ser consumido in natura ou processado na forma de produtos variados (GONÇALVES et al., 2004; FAGUNDES, 2002; GEORGIN et al., 2016).

Segundo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o amendoim é a sexta oleaginosa mais cultivada no mundo, com cerca de 560 mil toneladas, ocupando cerca de 23 milhões de hectares (RUAS, SALVADOR e AMAZONAS, 2020). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador de amendoim da

América Latina, com 466 mil toneladas por ano. A maior produção brasileira concentra-se no estado de São Paulo, responsável por aproximadamente 90% da produção no país (EMBRAPA, 2019). O Rio Grande do Sul gera cerca de 2,5% da produção de amendoim, que corresponde em média 11 mil toneladas por safra (CONAB, 2019).

A casca do amendoim é um subproduto do processamento do amendoim que possui baixo valor de mercado, é um material fibroso e com elevada área superficial, sendo utilizada para fabricação de combustíveis, fertilizantes, ração animal e bioissorvente. A casca representa 30% da produção do grão, normalmente é utilizada para produção de biocombustível e alimento para gado. Entretanto, nem toda casca produzida é utilizada, o que gera um grande volume de resíduos que necessitam de uma destinação adequada (GEORGIN et al., 2016; WU et al., 2019; GATANI et al., 2013).

Georgin et al. (2016), Nunes (2014) e Wu et al. (2019), utilizaram a casca de amendoim para remoção de corantes orgânicos, e obtiveram elevadas eficiências de remoção de corantes em um curto período, em menos de uma hora. Não foram encontrados na literatura trabalhos que utilizaram a casca de amendoim como bioissorvente no tratamento de água da chuva, pós telhado verde.

### 3.11 SEMENTE DE *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera* Lam é uma árvore que pertence à família Moringaceae, nativa do sul da Ásia, mas presente em vários países tropicais. Ela possui um crescimento rápido em solos com baixa umidade e pode chegar a 15 metros de altura (NOGUEIRA, 2010). No Brasil, na região Nordeste, a árvore é conhecida como “Acácia Branca” (BARRETO et al., 2009; DALLA ROSA, 1993; LORENZI e MATOS, 2002).

As sementes da *Moringa* possuem potencial nutricional, podem ser utilizadas para o preparo de biodiesel e produtos de higiene. Além disso, as sementes da planta também têm chamado atenção devido às suas propriedades de floculação, coagulação e remoção de patógenos, no qual têm-se desenvolvido muitos estudos utilizando as mesmas no tratamento de águas e efluentes. Também foi relatado que as sementes de *Moringa* removem metais altamente tóxicos como, arsênico e chumbo e contaminantes químicos aniônicos, como nitratos e fosfatos (RIBEIRO, 2019; HASSANEIN et al., 2019; JUNG et



al., 2018; OLSEN, 1987; NDABIGENGESERE et al., 1995; PATERNIANI et al., 2009; SHARMA et al., 2006; RAVIKUMAR e SHEEJA, 2013).

As sementes de Moringa são empregadas como coagulante natural e têm sido utilizadas com sucesso na remoção de material em suspensão de águas turvas, substituindo, por exemplo, o sulfato de alumínio (CRUZ et al., 2007). O desempenho das sementes como coagulante é decorrente da presença de uma proteína catiônica que desestabiliza as partículas contidas na água em meio líquido, possibilitando, assim, a agregação de grandes flocos que são facilmente separados da água por processos de sedimentação e filtração. Isso também se aplica às bactérias *Escherichia coli*, carregadas negativamente. As proteínas atraem as bactérias e as mantêm junto com as partículas de sujeira suspensas e se movem para baixo por gravidade (VARKEY, 2020; CARDOSO et al., 2008; BAPTISTA et al., 2017).

A maioria dos estudos encontrados na literatura utilizando sementes de Moringa no tratamento de água indicam uma elevada eficiência do coagulante (90 a 99%), por coagulação, floculação e sedimentação, para águas com turbidez entre 50 e 200 NTU (PATERNIANI et al., 2009; LUGO-ARIAS et al., 2020; BAPTISTA et al., 2017; MATOS et al., 2007). Não foram encontrados na literatura trabalhos que utilizaram a Moringa para tratamento de água da chuva pós telhado verde.

### 3.12 CORREÇÃO DE pH

O carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) é um sal branco, solúvel em água, um material relativamente inofensivo e que não possui efeito acentuado na pele e roupas. Sua principal função é corrigir a acidez da água, elevando o pH para níveis entre 7,0 e 7,5 (neutro) (NETO e ARECO, 2012; WANG et al., 2021). O potencial hidrogeniônico (pH) se caracteriza pelo equilíbrio entre os íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  no meio, o que indicará a condição de pH ácido, básico ou neutro (SILVA et al., 2012; MENEGHELLI et al., 2016). Um pH 7 é neutro; um pH abaixo de 7 é ácido e um pH acima de 7 é básico ou alcalino. Para o consumo humano, recomenda-se um pH entre 6,0 e 9,5 (FILHO, 2018; NETO e ARECO, 2012; FUNASA, 2014). A correção do pH é um método preventivo da corrosão dos encanamentos utilizados em sistemas de água. Consiste na alcalinização da água para

remover o gás carbônico livre e para provocar a formação de uma película de carbonato na superfície interna das canalizações (MUSIC et al, 2004; FUNASA, 2014). No tratamento de água convencional estes processos são realizados logo após a filtração e antes da água ser encaminhada para o reservatório. A dosagem ideal para a correção varia entre 0,048 e 0,06 mg/L para águas filtradas (FUNASA, 2014; FURTADO, POERSCH e WASIELESKY, 2011).

#### 4 REFERÊNCIAS

- ABDULLA, Fayed A.; AL-SHAREEF, A. W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. **Desalination**, [S. l.], v. 243, n. 1–3, p. 195–207, 2009. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.013>>. Acesso em: 15.mar.2020
- ABNT NBR 13969. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Tanques sépticos. Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. **Norma Brasileira**, [S. l.], p. 8, 1997. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10610/abnt-nbr13969-tanques-septicos-unidades-de-tratamento-complementar-e-disposicao-final-dos-efluentes-liquidos-projeto-construcao-e-operacao>>. Acesso em: 21.abr.2020
- ABNT NBR 15527. Associação Brasileira de Normas Técnicas - Água de chuva. **Norma Brasileira**, [S. l.], p. 8, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10384-012-0205-9>>. Acesso em: 23.abr.2020
- ABNT NBR 12216. Associação Brasileira de Normas Técnicas - Projeto de estação e tratamento de água para abastecimento público. **Norma Brasileira**. [S. l.], p. 18, 1992.
- ADEWUYI, A. Chemically modified biosorbents and their role in the removal of emerging pharmaceutical waste in the water system. **Water (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 1–31, 2020. Available at: <https://doi.org/10.3390/W12061551>
- AHMARUZZAMAN, M.; SHARMA, D. K. Adsorption of phenols from wastewater. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 287, n. 1, p. 14–24, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.01.075>>. Acesso em: 13.mar.2020
- AKTHER, M. *et al.* A review of green roof applications for managing urban stormwater in different climatic zones. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. 1–28, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su10082864>>. Acesso em: 18.fev.2020.
- ALLEN, L.; CHRISTIAN-SMITH, J.; PALANIAPPAN, M. **Overview of greywater reuse**. [S. l.: s. n.], 2010.
- ALLNUTT, P.; *et al.* The GRO Green Roof Code: Green Roof Code of Best Practice for the UK, Reino Unido, 2011.
- AMIN, M. T. *et al.* Effects of Catchment, First-Flush, Storage Conditions, and Time on Microbial Quality in Rainwater Harvesting Systems. **Water Environment Research**, [s. l.], v. 85, n. 12, p. 2317–2329, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.2175/106143013x13706200598433>.
- AHMED, S. *et al.* Characterization Of Activated Carbon Prepared From Coconut Shell Using Various Reagents For A Low Cost Water- Filter. **International Journal of Engineering and Technology**, [S. l.], v. 9, n. 3S, p. 180–188, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i3/170903s029>>. Acesso em: 02.jul.2020

- ANDRADE NETO, C.O. Segurança sanitária das cisternas rurais. In: Anais do IV Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. **Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, ABCMAC**. Petrolina, 2003
- ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES). [s. l.], p. 150p., 2005.
- ARAÚJO, S.R. **Telhados Verdes**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- ATKINS, J.D.. PAULA. Atkin ' s Physical Chemistry, eighth ed., United States, Oxford University Press, W.F. Freeman and Company, 2012.
- BALAKRISHNAN, M. *et al.* Waste materials – catalytic opportunities: An overview of the application of large scale waste materials as resources for catalytic applications. **Green Chemistry**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 16–24, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/c0gc00685h>>. Acesso em: 01.jul.2020
- BARRETO, M. B. *et al.* Constituintes químicos voláteis e não-voláteis de Moringa oleifera Lam., Moringaceae. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 893–897, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000600018>>. Acesso em: 15.mai.2020
- BAPTISTA, A. T. A. *et al.* Protein fractionation of seeds of Moringa oleifera lam and its application in superficial water treatment. **Separation and Purification Technology**, [S. l.], v. 180, p. 114–124, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.02.040>>
- BEATRICE, C.C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais, como cobertura leve de telhados em edificações**. Escola de engenharia de São Carlos, São carlos-SP, 2011.
- BERNDTSSON, J. C.; BENGTTSSON, L.; JINNO, K. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 369–380, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.020>> Acesso em: 20.fev.2020
- BERNDTSSON, J.C. Green roof performance towards management of runoffwater quantity and quality: A review. **Ecol. Eng.** 2010, 36, 351–360.
- BORBA, C. E. **Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo**. [S. l.: s. n.], p.163. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/267400>>. Acesso em: 3.mar.2020
- BRANDÃO, P.C. **Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes**. 2006, p. 147. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Ministério da Saúde**, [S. l.], p. 926, 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida---o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 20.fev.2020

BOURKE, N; CARTY, G; O'LEARY, G; CROWE, M; PAGE, D. **Water Treatment Manuals: Coagulation, flocculation & Clarification**. [S. l.: s. n.], 2002. *E-book*.

BRASIL. Lei nº 18.112, de 13 de janeiro de 2015, que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do telhado verde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jan de 2015. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112>>. Acesso em: 25.jan.2020

BRINCK, N. C. P. Avaliação do Tipo de Material Filtrante no Comportamento Hidráulico de Filtros Rápidos de Camada Profunda no Tratamento de Águas de Abastecimento. [s. l.], p. 1–393, 2009.

BUENO, R. **Telhado verde: os Jardins da Babilônia continuam funcionais**. Disponível em: <http://www.ecocidades.com/2010/09/02/teelhado-verde-os-jardins-da-babilonia-continuam-funcionais>. Acesso em: 19.fev.2020

CANERO, R.F.; REDONDO, P.G. **Green roofs as a habitat for birds: A review**. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.2041.2052>

CARBONE, M. *et al.* A conceptual model for predicting hydraulic behaviour of a green roof. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 70, p. 266–274, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.030>>. Acesso em: 05.abr.2020

CARDOSO, K.C, et al. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 193-198.2008.

CARSON, T.B., et al. Hydrological performance of extensive green roofs in new York City: observations and multi-year modeling of three three full-scale systems. **Environ. Res. Lett.** 8, 13, 2013.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. **Uso de telhados verdes no controle qualitativo do escoamento superficial urbano**. [S. l.: s. n.]. 2010.

CAVALCANTI, J. V. F. *et al.* Removal of Effluent from Petrochemical Wastewater by Adsorption Using Organoclay. **Petrochemicals**, [S. l.], n. November, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.5772/37200>>. Acesso em: 29.mai.2020

CLAYTON, G. E.; THORN, R. M. S.; REYNOLDS, D. M. Development of a novel off-grid drinking water production system integrating electrochemically activated solutions and ultrafiltration membranes. **Journal of Water Process Engineering**, [S. l.], v. 30, p. 1–23, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.08.018>>. Acesso em: 15.mai.2020

CLAYTOR, R. A.; SCHUELER, T. R. Design of Stormwater Filtering Systems. **Environmental Protection**, [s. l.], n. December 1996, p. 220, 1996. Disponível em: [http://pittsburghpermaculture.org/wpcontent/uploads/2010/04/stormwater\\_filtration\\_system\\_design.pdf](http://pittsburghpermaculture.org/wpcontent/uploads/2010/04/stormwater_filtration_system_design.pdf).

CONAB. Acomp. safra bras. grãos, v. 6 Safra 2018/19 - Quarto levantamento. **Monitoramento agrícola**, [S. l.], v. 6, n. 2318–6852, p. 126, 2019. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_04\\_14\\_09\\_06\\_31\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_4o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf). Acesso em: 14.mai.2020

CORSINI, R. **Infraestrutura Urbana**. Telhado Verde. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-deedificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>>. Acesso em: 03.abr.2020

CREMASCO, M. A. Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidodinâmicos. São Paulo: Ed. Blucher, 424 p. São Paulo, 2012.

CRUZ, M. W. de O. *et al.* Efficiency evaluation of moringa seeds in the shrimp ponds effluents treatment. **Revista Ciência Agronômica**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 257–263, 2007.

CUBILLOS, A. Calidad y Control de La polucion del Água. Mérida: CIDIAT/Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Águas y Tierras. (Mimeo.) **Série Ambiente y Recursos Naturales Renovables**, AR 14, 1981.

DABROWSKI, A. Adsorption—From Theory to Practice. **Advances in Colloid and Interface Science**, 93, 135-224,2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-8686\(00\)00082-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-8686(00)00082-8)

DALLA ROSA, K. R. **Moringa oleifera: A Perfect Tree for Home Gardens**. [S. l.: s. n.], 1993. *E-book*.

DAVIS, A. P. *et al.* Laboratory Study of Biological Retention for Urban Stormwater Management. **Water Environment Research**, [S. l.], v. 73, n. 1, p. 5–14, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.2175/106143001x138624>>. Acesso em: 28.mar.2020

DAVIS, A. P. *et al.* Bioretention technology: Overview of current practice and future needs. **Journal of Environmental Engineering**, [S. l.], v. 135, n. 3, p. 109–117, 2009. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2009\)135:3\(109\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:3(109))>. Acesso em: 09.mai.2020

DE PAULA, H.M; ILHA, M.S.O. Uso da Moringa oleifera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. **REEC - Revista eletrônica de engenharia civil**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 50–60, 2016.

DIETZ, M. E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. **Water, Air, and Soil Pollution**, [S. l.], v. 186, n. 1–4, p. 351–363, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9484-z>. Acesso em: 14.mar.2020

DROGUETT, S. **Elementos de Catalisis Heterogenea, Serie de Química**. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Monografía No. 26. 1983.

DUNNETT, N; KINGSBURY, N. Planting green roofs and living walls. **Oregon: Timber Press**, 2008.

EMBRAPA. **Estudo mapeia áreas de produção de amendoim do Brasil para prevenir doença do carvão**. [S. l.], p. 2020–2022, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40697528/estudo-mapeia-areas-de-producao-de-amendoim-do-brasil-para-prevenir-doenca-do-carvao>>. Acesso em: 18.mai.2020

FAGUNDES, M. H. **Sementes de amendoim**: alguns comentários. 2002. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000093&pid=S1983-4063201200030000700013&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S1983-4063201200030000700013&lng=en)>. Acesso em: 13.mai.2020

FARIAS, M. M. M. W. E. C. Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru.

FENG, W. *et al.* Biofilters for stormwater harvesting: Understanding the treatment performance of key metals that pose a risk for water use. **Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 46, n. 9, p. 5100–5108, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es203396f>

FERRANS, P. *et al.* Effect of green roof configuration and hydrological variables on runoffwater quantity and quality. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. 1–18, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w10070960>>. Acesso em: 05.mar.2020

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações Sobre a Aplicação Do Telhado Verde Aproveitamento Para Fins Não Potáveis. **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, [S. l.], n. 1, p. 1–10, 2009.

FILHO, H. R. do P. **A normalização técnica para o tratamento de água para o consumo humano**. [S. l.: s. n.], 2018.

FRANCIS, J. *et al.* Growing Green Guide: A Guide to Green Roofs, Walls and Facades in Melbourne and Victoria Australia. **State of Victoria through the Department of Environment and Primary Industries**, 2014. Disponível em: [http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing\\_green\\_guide\\_ebook\\_130214.pdf](http://www.growinggreenguide.org/wp-content/uploads/2014/02/growing_green_guide_ebook_130214.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FUNASA. Manual De Cloração De Água Em Pequenas Comunidades. **Ministério da Saúde**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 40, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br>

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems.

**Aquaculture**, [s. l.], v. 321, n. 1–2, p. 130–135, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>

GALLANDAT, K. *et al.* Residual maintenance using sodium hypochlorite, sodium dichloroisocyanurate, and chlorine dioxide in laboratory waters of varying turbidity. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 11, n. 6, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11061309>. Acesso em: 17.mai.2020

GATANI, M. P. *et al.* Technical production viability and properties of particleboard made with peanut husks | Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. **Revista Materia**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 1286–1293, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-70762013000200004>>. Acesso em: 22.mai.2020

GEORGIN, J. *et al.* Preparation of activated carbon from peanut shell by conventional pyrolysis and microwave irradiation-pyrolysis to remove organic dyes from aqueous solutions. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 266–275, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.11.018>>. Acesso em: 22.mai.2020

GEROTO, R. E. Desempenho de Camadas de Proteção para Geomembranas. [s. l.], p. 188, 2008.

GETTER, K.L., ROWE, D.B., ANDRESEN, J.A.. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. **Ecol. Eng.** 31 (4), 225–231. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.004>.

GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Componentes de produção de amendoim em diferentes arranjos espaciais no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, n. 2/3, p. 801-812, 2004.

GREGOIRE, B. G.; CLAUSEN, J. C. Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 963–969, 2011. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.02.004>

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, [s. l.], 2009.

HANDA, R. M. **Avaliação Da Cloração De Efluentes E Os Impactos Para a Geração De Compostos Orgânicos Halogenados**.2012.88f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

HASSANEIN, R. A.; ABDELKADER, A. F.; FARAMAWY, H. M. Moringa leaf extracts as biostimulants-inducing salinity tolerance in the sweet basil plant. **Egyptian Journal of Botany**, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 303–318, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.21608/ejbo.2019.5989.1242>>. Acesso em: 18.jun.2020

HERMAWAN, A. A.; JUNG, Da Y.; TALEI, A. Removal Process of Nutrients and Heavy Metals in Tropical Biofilters. **E3S Web of Conferences**, [S. l.], v. 65, p. 1–11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186505026>>. Acesso em: 15.mai.2020



HUISMAN, L; WOOD, W. **SLOW SAND FILTRATION**. Geneva: [s. n.], 1974. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5491-5\\_200157](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5491-5_200157). Acesso em: 08.mai.2021

HUTCHINSON, Doug *et al.* Stormwater monitoring two ecoroofs in Portland, Oregon, USA. **Greening Rooftops for Sustainable Communities**, [S. l.], p. 1–18, 2003.

Disponível em:

<[http://www.portlandoregon.gov/bes/article/63098%5Cnhttp://www.portlandonline.com/s\\_hared/cfm/](http://www.portlandoregon.gov/bes/article/63098%5Cnhttp://www.portlandonline.com/s_hared/cfm/)>. Acesso em: 03.mar.2020

JIM, C. Y. Green roof evolution through exemplars: Germinal prototypes to modern variants. **Sustainable Cities and Society**, [S. l.], v. 35, n. July, p. 69–82, 2017. DOI: 10.1016/j.scs.2017.08.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.001>.

JOBIM, A. L. Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial. Dissertação, [s. l.], p. 75, 2013.

JUNIOR, R. M.; MARTINS, M. V. L. Dimensionamento De Filtro De Areia Para Tratamento De Água Cinza Do Bloco Novo Do Irm. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [s. l.], v. 5, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/rber.v5i3.48130>>.

KEELER, M; BURKE B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KÖHLER, B. M.; SCHMIDT, M. Study of extensive “Green Roofs” in Berlin [Untersuchungen an extensiven Dachbegrünungen in Berlin - Teil III]. **translated by Saskia Cacanindin**, [s. l.], 2003.

KREBS, L.F, & JOHANSSON, E. Influence of microclimate on the effect of green roofs in Southern Brazil – A study coupling outdoor and indoor thermal simulations. **Energy and Buildings**, 241, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2021.110963>

LAUBUSCH, E. J. Chlorination and other disinfection processes. In: **Water Quality and Treatment: A Handbook of Public Water Supplies** (American Water Works Association), pp. 158-224, New York: McGraw-Hill Book Company. 1971.

LEE, J. H. *et al.* First flush analysis of urban storm runoff. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 293, n. 1–3, p. 163–175, 2002. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00006-2](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00006-2)

LIBERALESSO, T. **Telhados verdes extensivos: influência da composição do substrato na retenção hídrica e no desenvolvimento da vegetação**. 2018. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

LIM, H. S. *et al.* Comparison of filter media materials for heavy metal removal from urban stormwater runoff using biofiltration systems. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 147, p. 24–33, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.042>

LIU, T. C. *et al.* Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. **Energy and Buildings**, [S.

*I.*, v. 47, n. February, p. 180–188, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.043>>. Acesso em: 28.mar.2020.

LIU, W. *et al.* Runoff retention assessment for extensive green roofs and prioritization of structural factors at runoff plot scale using the Taguchi method. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 138, n. August, p. 281–288, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.033>.

LIU, R. *et al.* The influence of extensive green roofs on rainwater runoff quality: a field-scale study in southwest China. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 12, p. 12932–12941, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06151-5>

LO MONACO, P.A.V.; DE MATOS, A.T.; BRANDÃO, V. Dos S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Cybrarians Journal**, [S. l.], n. 37, p. 1–31, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.12816/0013114>>. Acesso em: 20.abr.2020

LO MONACO, P.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; JÚNIOR, A. V. L.; LIMA, J. T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 6, p. 473-480, 2009.

LOGAN, B. E. *et al.* Clarification of Clean-Bed Filtration Models. **Journal of Environmental Engineering**, [s. l.], v. 121, n. 12, p. 869–873, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9372\(1995\)121:12\(869\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9372(1995)121:12(869))

LOPEZ, E. M. *et al.* Biofiltration of methanol in an organic biofilter using peanut shells as medium. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 101, n. 1, p. 87–91, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.064>>. Acesso em: 18.abr.2020

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 428. 2002

LUCKETT, K. *Green Roof Construction and Maintenance*. [s. l.]. McGraw Hill, New York, 2009.

LUGO-ARIAS, J. *et al.* Evaluation of low-cost alternatives for water purification in the stilt house villages of Santa Marta's Ciénaga Grande. **Heliyon**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03062>>. Acesso em:29.mai.2020

MACCAFERRI, DO BRASIL LTDA. **MacDrain geocomposto drenante**. 2014. Disponível em: <[http://www.macdrain.com.br/?page\\_id=375#comics](http://www.macdrain.com.br/?page_id=375#comics)>. Acesso em: 03.fev.2020

MAGALHÃES, M. A. et al. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura, Viçosa**, v. 13, n. 1, p. 26-32, 2005.

MAGALHÃES, M. A. et al. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 472–478, 2006.

MAGILL, J. D.; MIDDEN, K; GRONINGER, J; THERRELL, M. A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research. **Department of Plant, Soil, and Agricultural Systems in the Graduate School**, [S. l.], v. Master of, n. December 2014, p. 62, 2011.

MARIANA, da S. *et al.* Assessing the Retention Capacity of an Experimental. [s. l.], n. Lid, 2019.

MARTINS, JUNIOR RUBENS, LISBOA MARTINS MÁRCIA VIANA. **Dimensionamento de Filtro de Areia para Tratamento de Água Cinza do Bloco Novo do IRN1**. Engenharia Ambiental, Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI (MG), 2016.

MASSIE, B. J.; SANDERS, T. H.; DEAN, L. L. Removal of Heavy Metal Contamination from Peanut Skin Extracts by Waste Biomass Adsorption. **Journal of Food Process Engineering**, [s. l.], v. 38, n. 6, p. 555–561, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12185>.

MATHEW, B. B. *et al.* Role of Bioadsorbents in Reducing Toxic Metals. **Journal of Toxicology**, [S. l.], v. 2016, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2016/4369604>>. Acesso em:15.mai.2020

MAY, S. Caracterização, Tratamento E Reúso De Águas Cinzas E Aproveitamento De Águas Pluviais Em Caracterização, Tratamento E Reúso. **Tese de Doutorado**, [S. l.], p. 222, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.3.2009.tde-17082009-082126>>. Acesso em:25.abr.2020

MCDONNELL, G., RUSSELL, A.D. (1999) Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. **Clinical Microbiology Reviews**, 12, 147-179.

MELO, A. B. DE; MENDONÇA, T. N. M. Cement blocks with EVA waste for extensive modular green roof: contribution of the components for thermal insulation. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 92–106, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1590/s1983-41952017000100006>

MENEGHELLI C.M. et al. Resíduo da secagem dos grãos de café como substrato alternativo em mudas de café conilon. **Coffee Science** 11: 330-335, 2016.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, [S. l.], v. 77, n. 3, p. 217–226, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010>>. Acesso em:15.mar.2020

MEYER, S. T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994.

MIMURA, A. M. S.; VIEIRA, T. V. A.; MARTELLI, P.B; GORGULHO, H.F. Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup>, Ni<sup>+2</sup> e Zn<sup>+2</sup>. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n. 6, p.1279-1284, 2010.

MINKE, G. Techos Verdes. Planificación, Ejecución, Consejos Prácticos. Montevideu, Uruguay: Editora Fin de Siglo, 2004

MUÑOZ C., SEBASTIÁN. J; GARCÍA C., ESPERANZA C. Global research trends in green roofs: benefits, main developments and future needs. **Producción + Limpia**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 173–185, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.22507/pml.v10n2a15>>. Acesso em:18.mar.2020

MUSIĆ, S. *et al.* The effect of bicarbonate/carbonate ions on the formation of iron rust. **Croatica Chemica Acta**, [s. l.], v. 77, n. 1–2, p. 141–151, 2004.

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, Rodrigo Braga. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1–9, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100001>>. Acesso em: 15.mar.2020

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 703–710, 1995. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)>. Acesso em:18.ago.2020

NETO, P. L; ARECO, L.B. Automação de Tratamento de Água Poço Artesiano. SEGET – Simposio de Excelencia em Gestao e Tecnologia, Tema: Gestão, Inovação e Tecnologia para a Sustentabilidade, 9, 2012. , **Anais...** 2012

NETO, P. de S. G. **Telhados Verdes Associados Com Sistema De Aproveitamento De Água De Chuva**: Projeto De Dois Protótipos Para Futuros Estudos Sobre Esta Técnica Compensatória Em Drenagem Urbana E Prática Sustentável Na Construção Civil. [S. l.], p. 177, 2012.

NETO, F. L. Green Roof Modeling: An Analysis of Flow Control Efficiency. [s. l.], v. 1, p. 137, 2014.

NGAH, W. S. W..; HANAFIAH, M. A. K. M. Biosorption of copper ions from dilute aqueous solutions on base treatedrubber (*Hevea brasiliensis*) leaves powder: kinetics, isotherm, and biosorption mechanisms. **Journal of Environmental Sciences**, [S. l.], v. 20, n. 10,

p. 1168–1176, 2008. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62205-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62205-6)>. Acesso em: 24.jun.2020

NKWONTA, O. A comparison of horizontal roughing filters and vertical roughing filters in wastewater treatment using gravel as a filter media. **International Journal of the Physical Sciences**. 5. 1240-1247. Durban, South Africa, 2010.

NOGUEIRA, M. W. **O USO DO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DA CASCA DA MORINGA OLEIFERA, COMO ADSORVENTE NA REMOÇÃO DE METAIS PESADOS PRESENTES NA ÁGUA**. 104 f. Dissertação de mestrado. 2010. [s. l.], 2010.

NUNES, A. dos S. **Produção de adsorventes a partir da casca de amendoim visando a aplicação na remoção de corantes orgânicos**. Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia- Uesb Centro De Ensino, Pesquisa E Extensão Socioambiental Programa De Pós-Graduação Em Ciências Ambientais.p.65. 2014.

OLIVEIRA, P. A. V. de.; KUNZ, A.; PERDOMO, C. C. **Construção de cisternas para o armazenamento da água de chuva**. Concórdia, 2005. Disponível em: <<http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados/PlanejamentoConstruoeOperaodeCisternasparaArmazenamentodaguadaChuva.pdf>>. Acesso em: 06.jun.2020

OLIVEIRA, C. C. **Substratos para uso em telhados verdes: Avaliação da retenção hídrica e qualidade da água de escoamento Rio de Janeiro**.2012. 117f. Mestrado (Engenharia ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia, 2012.

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. 87f. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: UERJ, 2009.

OLSEN, A. Low technology water purification by bentonite clay and Moringa oleifera seed flocculation as performed in sudanese villages: effects on *Schistosoma mansoni* cercariae. **Water Research**, [S. l.], v. 21, n. 5, p. 517–522, 1987. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(87\)90059-5](https://doi.org/10.1016/0043-1354(87)90059-5)>. Acesso em: 26.abr.2020

OSMUNDSON, T., *Roof Gardens: History, Design and Construction*. W.W. **Norton and Company**, 1997.

PAÇO, T. *et al.* Green Roof Design Techniques to Improve Water Use under Mediterranean Conditions. **Urban Science**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 14, 2019. Available at: <https://doi.org/10.3390/urbansci3010014>

PALMEIRA, A. N. **Balanco De Energia Em Telhado Verde**. [S. l.], 2016. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3883802](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3883802). Acesso em: 15.mar.2020

PALMEIRA, E. M.; TREJOS GALVIS, H. L. Opening sizes and filtration behaviour of nonwoven geotextiles under confined and partial clogging conditions. **Geosynthetics**

**International**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 125–138, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1680/jgein.16.00021>

PAN, J. *et al.* Modified biogas residues as an eco-friendly and easily-recoverable biosorbent for nitrate and phosphate removals from surface water. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 382, n. May 2019, p. 121073, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121073>

PARDELA, Ł. *et al.* Sustainable green roof ecosystems: 100 years of functioning on fortifications-A case study. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1–21, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12114721>

PASCHOALATO, C. F. P. R. *et al.* Demanda de cloro e permanganato de potássio para oxidação de substâncias húmicas e avaliação da formação de trihalometanos em água. **Anais**. Joinville: ABES, 2003.

PATERNIANI, J. E. S. *et al.* Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 803–812, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400018>>.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M.C.; SANT'ANNA, M. R. The use of Moringa oleifera seeds for treatment of surface water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 765–771, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-43662009000600015>>. Acesso em: 30.abr.2020

PECZKOWSKI, G. *et al.* Hydrological Performance and Runoff Water Quality of Experimental Green Roofs. **Water** 2018, 10, 1185.

PEREIRA, L. P.S. *et al.* **Estudo da Remoção do Corante Remazol Brilliant Blue R em Carbono ativado: Ensaios em Banho finito e em leito fixo**. EBA.2018.

PERUZZO, L. C. Influência de agentes auxiliares na adsorção de corantes de efluentes da indústria têxtil em colunas de leito fixo. **Universidade Federal de Santa Catarina**, [S. l.], p. 93, 2003.

PESSOA, J. O. **Qualidade e quantidade de águas pluviais escoadas a partir de telhados verdes extensivos em santa maria-rs**. 2016. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

PESSÔA, N.T, *et al.* Adsorção de cádmio e níquel em adsorventes preparados a partir de resíduo agroindustrial. [s. l.], n. Cd, 2014.

QUINTELLA, M.T. **A origem dos Telhados Verdes**. Disponível em: <http://telhadosciativos.blogspot.com.br/2012/03/origem-dos-telhados-verdes.html>. Acesso em: 14.fev.2020

- RANNY, Y.; GOMES, M. XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS INFLUÊNCIA DO SUBSTRATO DO TELHADO VERDE NA QUALIDADE. [s. l.], p. 1–9, 2018.
- RANOTE, S.; CHAUHAN, Ghanshyam S.; JOSHI, Veena. Etherified Moringa oleifera gum as rapid and effective dye adsorbents. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 387, n. January, p. 124055, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124055>>. Acesso em: 11.mai.2020.
- RAVIKUMAR, K.; SHEEJA, A. K. Heavy Metal Removal from Water using Moringa oleifera Seed Coagulant and Double Filtration. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, [S. l.], v. 4, n. 5, p. 10–13, 2013. Disponível em: <http://www.ijser.org>>. Acesso em: 15.mai.2020
- RAWAT, M.; SINGH, R. N. A study on the comparative review of cool roof thermal performance in various regions. **Energy and Built Environment**, [s. l.], n. October 2020, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.03.001>
- RECK, I. M. *et al.* Removal of tartrazine from aqueous solutions using adsorbents based on activated carbon and Moringa oleifera seeds. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 171, p. 85–97, 2018. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.237>>. Acesso em:15.mar.2020
- REDDY, D. H. K.r *et al.* Biosorption of Pb(II) from aqueous solutions using chemically modified Moringa oleifera tree leaves. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 162, n. 2, p. 626–634, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.06.010>>. Acesso em:23.mai.2020
- RIBEIRO, T. Associação de nanopartículas magnéticas a coagulantes Orgânicos no tratamento de efluente de lavagem de materiais plásticos. **Duke Law Journal**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. Acesso em: 26.abr.2020
- ROSSETI, K. A. C. et al. Abordagens sistêmicas dos efeitos da implantação de telhados vegetados. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**. v.4, n. 1, p 55-77. 2013.
- ROSSIN, A. C. **Desinfecção**. In: **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3a ed. v. 2, cap. 24. São Paulo: CETESB/ASCETESB; 1987.
- RUAS, J.; SALVADOR, M.; AMAZONAS, L. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento**, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 1–89, 2020.
- RUTHVEN, D. M., **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. John Wiley & Sons: 1984.
- SANGHI, R.; VERMA, P. Decolorisation of aqueous dye solutions by low-cost adsorbents: A review. **Coloration Technology**, [S. l.], v. 129, n. 2, p. 85–108, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/cote.12019>>. Acesso em: 14.mar.2020

SANTOS, P.L. F.; DE CASTILHO, R. M. M. Floriferous herbaceous and substrates for use on extensive green roofs. **Ornamental Horticulture**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 261–268, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/oh.v24i3.1251>>. Acesso em: 05.mar.2020

SAVI, A. C. **Telhados Verdes: Análise Comparativa De Custo Com Telhados Verdes: Análise Comparativa De Custo Com**. [S. l.], p. 128, 2012.

SHARMA, M. *et al.* ZnO tetrapods and activated carbon based hybrid composite: Adsorbents for enhanced decontamination of hexavalent chromium from aqueous solution. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 358, p. 540–551, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.10.031>>. Acesso em: 31.mai.2020

SHARMA, P. *et al.* Removal of cadmium from aqueous system by shelled Moringa oleifera Lam. seed powder. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 97, n. 2, p. 299–305, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.034>>. Acesso em: 30.mai.2020

SILVA, D. T. da. **Instalação e avaliação de um telhado verde em relação à utilização das espécies *Gazania rigens* e *Kalanchoe blossfeldiana* na cidade de Santa Maria – RS**. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal, Santa Maria, 2010.

SILVA, J. L. B. C. *et al.* Biossorção de metais pesados: uma revisão. **Revista Saúde e Ciência Online**, Campina Grande, PB, v. 3, n. 3, p. 137-149, set.-dez. 2014.

SILVA, A. P. H. da. **Caracterização e tratamento de águas pluviais visando seu aproveitamento em edificações**. 2018. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SILVA, B. *et al.* Waste-based biosorbents as cost-effective alternatives to commercial adsorbents for the retention of fluoxetine from water. **Separation and Purification Technology**, [s. l.], v. 235, n. April 2019, p. 116139, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116139>

SILVEIRA, L.R.; COUTINHO, M.M.; VELOSO, R. W. Tratamento de água por filtros de baixo custo com dupla filtração. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2018, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES-RS, 2018.

SILVESTRE, M. . **SISTEMAS DE FILTRAGEM APLICADOS EM PROCESSOS FABRIS AUTOMOTIVOS**. 727–735 f. 2014. - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1530/EJE-14-0355>

SOTO, M. L. *et al.* Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 105, n. 1, p. 1–27, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.010>>. Acesso em: 30.abr.2020

SPANGENBERG, J. **Melhoria do clima urbano nas metrópoles tropicais: estudo de caso**. 2004. Disponível em: <[http://www.basisid.de/site2006/science/01\\_Spangenberg](http://www.basisid.de/site2006/science/01_Spangenberg)>



IMPROVEMENT%20OF%20URBAN%20MICROCLIMATE%20IN%20TROPICAL%20METROPOLIS.pdf>. Acesso em: 15.mar.2020

SUPRIHATIN, S. *et al.* Use of biofilter as pre-treatment of polluted river water for drinking water supply. **Environmental Engineering Research**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 203–209, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.4491/eer.2016.110>>. Acesso em: 11.jun.2020

TAŞAR, Ş.; KAYA, F.; ÖZER, A. Biosorption of lead(II) ions from aqueous solution by peanut shells: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 1018–1026, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.03.015>

TAŞAR, Ş.; ÖZER, A. A thermodynamic and kinetic evaluation of the adsorption of pb(li) ions using peanut (*arachis hypogaea*) shell-based biochar from aqueous media. **Polish Journal of Environmental Studies**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 293–305, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.15244/pjoes/103027>>. Acesso em: 16.mai.2020

TASSI, R. *et al.* Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 139–154, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212014000100012>

TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. Rainwater runoff quantity and quality performance from a greenroof: The effects of short-term events. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 271–277, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.01.009>>. Acesso em: 18.mar.2020

TEIXEIRA, C. A.; GHISI, E. Comparative analysis of granular and membrane filters for rainwater treatment. **Water (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 5, 2019. Available at: <https://doi.org/10.3390/w11051004>

TEIXEIRA, C. A. *et al.* Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 135–155, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>>. Acesso em: 25.jun.2020

TEJEDOR, J. *et al.* Performance of wood chips/peanut shells biofilters used to remove organic matter from domestic wastewater. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 738, p. 139589, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139589>

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, 2007.

VALERI, M. *et al.* Pathogenic E. coli exploits SslE mucinase activity to translocate through the mucosal barrier and get access to host cells. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 10, n. 3, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117486>>. Acesso em: 14.mar.2020

VARKEY, A. J. Purification of river water using Moringa Oleifera seed and copper for point-of-use household application. **Scientific African**, [s. l.], v. 8, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00364>

- VESCHETTI, E. *et al.* Pilot-plant comparative study of peracetic acid and sodium hypochlorite wastewater disinfection. **Water Research**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 78–94, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00248-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00248-8)>. Acesso em: 18.mai.2020
- VIALLE, C. *et al.* Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. **Water Research**, [S. l.], v. 45, n. 12, p. 3765–3775, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.04.029>>. Acesso em: 13.abr.2021
- VIOTTI, S. *et al.* Effects of long-term exposure to reduced pH conditions on the shell and survival of an intertidal gastropod. **Marine Environmental Research**, [s. l.], v. 152, n. April, p. 104789, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104789>
- WALKER, W. R. Drip irrigation manual. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 12, n. 1–2, p. 164–165, 1986. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(86\)90018-1](https://doi.org/10.1016/0378-3774(86)90018-1)
- WANG, M. *et al.* Effect of a submerged zone and carbon source on nutrient and metal removal for stormwater by bioretention cells. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w10111629>>. Acesso em: 25.mai.2020
- WARTELLE, L. H.; MARSHALL, W. E. Citric acid modified agricultural by-products as copper ion adsorbents. **Advances in Environmental Research**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1–7, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(00\)00002-2](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(00)00002-2)>. Acesso em: 18.mai.2020
- WHITE, G. C. **Revised edition of: Handbook of chlorination and alternative disinfectants**, 4th ed. 1999. 5th ed. Black & Veatch Corporation. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. New Jersey. USA. 2010.
- WILSON, K. *et al.* Select metal adsorption by activated carbon made from peanut shells. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 97, n. 18, p. 2266–2270, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.043>>. Acesso em: 17.jun.2020
- WITEK-KROWIAK, A.; SZAFRAN, R. G.; MODELSKI, S. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. **Desalination**, [S. l.], v. 265, n. 1–3, p. 126–134, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.07.042>>. Acesso em: 25.jun.2020
- WU, Huifang *et al.* Synthesis of activated carbon from peanut shell as dye adsorbents for wastewater treatment. **Adsorption Science and Technology**, [S. l.], v. 37, n. 1–2, p. 34–48, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0263617418807856>>. Acesso em: 30.jun.2020
- ZHANG, Z. *et al.* Green roof storage capacity can be more important than evapotranspiration for retention performance. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 232, n. August 2018, p. 404–412, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.070>
- ZIPF, M. S. *et al.* Avaliação da influência do descarte da primeira água de chuva, do tratamento por filtro lento e da altura da camada filtrante na qualidade da água de chuva. **Revista de Estudos Ambientais**. [s. l.], p. 31–43, 2013.

ZURAINI, N. A. *et al.* Influence of Rainfall Characteristics on Total Suspended Solid Concentration. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 1049, n. 1, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1049/1/012039>

## **CAPÍTULO 2**

### **5 RESULTADOS**

Neste capítulo estão descritos a metodologia e os resultados encontrados ao longo da pesquisa. O trabalho desenvolvido nesta Dissertação foi escrito no formato de artigo, intitulado: Utilização de filtros contendo bioSORVENTES acoplados em um telhado verde extensivo para tratamento de água da chuva.

## 5.1 ARTIGO 1- UTILIZAÇÃO DE FILTROS CONTENDO BIOSORVENTES ACOPLADOS EM UM TELHADO VERDE EXTENSIVO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

### RESUMO

Os telhados verdes são soluções que contribuem para o controle do escoamento pluvial em áreas urbanas. No entanto, existem poucas pesquisas relacionadas à qualidade e tratamento da água escoada de telhados verdes construídos no Brasil. As pesquisas existentes mostram que o escoamento pode apresentar teores elevados de cor, turbidez e coliformes entre outros parâmetros. Esse trabalho avaliou, através de análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, a qualidade da água bruta e tratada com diferentes filtros escoada de um telhado verde extensivo, visando atender as exigências legais para diversos usos. Foi avaliado o tratamento por um filtro base de areia e brita e, filtro base adicionado alternativamente de camada adsorvente de casca de amendoim (*Arachishypogaea L.*), sementes de *Moringa oleifera* e inclusive a cloração com hipoclorito de sódio, após a filtração. Observou-se uma diminuição na concentração dos parâmetros analisados após a filtração. O filtro composto por hipoclorito de sódio, que reduziu 88% a cor 100% os coliformes totais e *Escherichia coli*. As águas pós-tratamento foram classificadas como não potáveis, segundo as NBRs 16783/2019 e 15527/2019. Portanto, recomenda-se estudos posteriores a fim de melhorar a interação dos fatores que influenciam na qualidade da água de TV e a eficiência dos filtros.

Palavras-chave: Escoamento; Qualidade; Telhado verde; Filtros; Biossorventes.

### ABSTRACT

Green roofs (GR) are solutions that contribute to controlling rainfall in urban areas. However, there is little research related to the quality of water drained from green roofs built in Brazil. Existing research shows that runoff can present high levels of color, turbidity, and coliforms, among other parameters. This work evaluated, through analysis of physical-chemical and microbiological parameters, the quality of raw water treated with different filters drained from an extensive green roof, aiming to meet the legal

requirements for various uses. It was evaluated the treatment by a sand and gravel base filter and a base filter alternatively added with adsorbent layer of peanut shell (*Arachishypogaea* L.), *Moringa oleifera* seeds and even chlorination with sodium hypochlorite after filtration. A decrease in the concentration of the analyzed parameters was observed after filtration. The filter composed of sodium hypochlorite, which reduced 88% to 100% color, total coliforms, and *Escherichia coli*. Post-treatment water was classified as non-potable, according to NBRs 16783/2019 and 15527/2019. Therefore, further studies are recommended to improve the interaction of factors influencing TV water quality and filter efficiency.

**Keywords:** Flow; Quality; Green roof; Filters; Biosorbents.

## 1 INTRODUÇÃO

Os telhados verdes (TV), promovem a retenção de 50% a 85% da água da chuva precipitada, diminuem o escoamento superficial, enchentes, a qualidade do ar e a qualidade da água escoada (CARSON et al., 2013, GETTER et al., 2007; LIU et al., 2019; ZHANG et al., 2019). Por outro lado, a água da chuva após passar pelo telhado verde pode carrear o solo e seus componentes, como fósforo, nitrogênio e sólidos, aumentando os teores de cor, turbidez, sólidos e matéria orgânica da água escoada (BERNDTSSON, EMILSSON e BENGTTSSON, 2006; BUFFAM e MITCHELL, 2015; MONTERUSSO et al., 2004). Uma alternativa de tratamento para reduzir esses poluentes, e conseqüentemente, melhorar a qualidade da água escoada de telhado verde é a filtração.

A filtração é um processo que promove a remoção das impurezas presentes nas águas escoadas de TV através de processos físicos, químicos e microbiológicos (NKWONTA et al, 2010; TEIXEIRA e GHISI, 2019; CLAYTOR e SCHUELER, 1996). Um dos tipos de filtração mais utilizados são os filtros de areia, que são compostos por areia (camada filtrante), brita (camada suporte), carvão ativado e um material adsorvente, que promovem a remoção da cor, turbidez, sólidos e microrganismos como, *Escherichia coli*, que estão presentes nas águas escoadas de telhados verdes devido a sua composição

e a fatores externos como poeira, fuligem e excretas da fauna local (PESSOA, 2016; AKTHER et al., 2018; LIU et al., 2020).

O adsorvente é um material poroso que adere na sua superfície partículas insolúveis capazes de promover a adsorção de contaminantes presentes na água (RODRIGUES, 2014; RAMOS et al., 1997). O carvão ativado é um dos adsorventes mais utilizados, porém seu custo é elevado. Uma alternativa de menor custo são os bioadsorventes (CIONEK, 2013; SANTANA, SANTOS e RESENDE, 2020). Os bioadsorventes são materiais encontrados na natureza ou que provêm de resíduos industriais ou subprodutos, como bagaço de cana-de-açúcar, casca de amendoim, casca de banana e semente de *Moringa oleifera*, que necessitam de uma destinação ambientalmente adequada, sendo a adsorção uma alternativa (ARIEF, et al., 2008; GEORGIN et al., 2016; MARTINS et al., 2015; ABO EL NAGA et al., 2019).

Os bioadsorventes, casca de amendoim (*Arachishypogaea L.*) e *Moringa oleifera*, possuem alta capacidade adsorptiva na remoção de sólidos suspensos, matéria orgânica, nitrato e alguns metais, como cobre e cromo (KASANI, GILANI e CHOOBAR, 2020; TEJEDOR et al., 2020; WITEK-KROWIAK, SZAFRAN E MODELSKI, 2011; SHIRANI et al., 2018; VIGNESHWARAN et al., 2020). A semente de *Moringa oleifera* ainda promove a remoção de microrganismos como a *Escherichia coli*, cuja presença na água pode causar doenças tais como infecções urinárias, colite hemorrágica e diarreia (LIBERATI et al., 2018; MAKVANA e KRILOV, 2015; RECK et al., 2013; REDDY et al., 2013).

Estudos sobre a qualidade da água de telhado verde ainda são muito precários, por esta razão, precisa-se mais conhecimento sobre seus benefícios e tratamentos. A fim de se obter uma melhora da qualidade da água, primeiramente foi realizado um estudo através do uso de diferentes tratamentos com filtros de areia, avaliando a qualidade da água e comparando a qualidade da água bruta com a obtida após passar por um filtro base de areia, carvão ativado e brita, filtro base adicionado de camadas de bioadsorventes como casca de amendoim e semente de *Moringa oleifera* e após o filtro base de areia e desinfecção por hipoclorito de sódio.

Após a análise da primeira etapa de estudo, para obter um melhor resultado, foi realizada a correção do pH e uma filtração em série, utilizando os 4 filtros com o propósito de melhorar a qualidade da água escoada e por fim realizado a desinfecção com

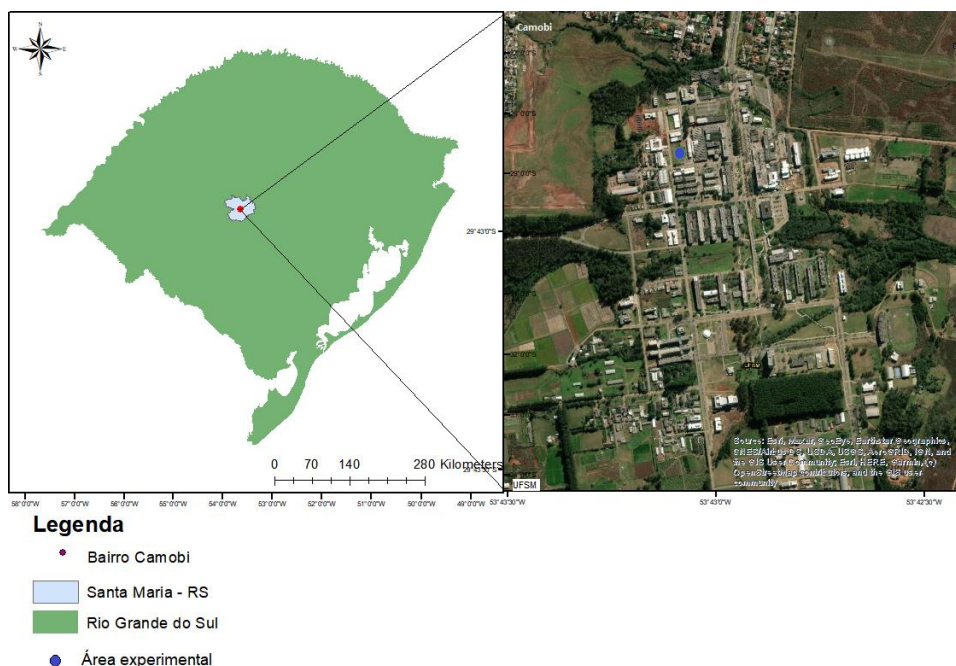
hipoclorito de sódio. Essas águas foram caracterizadas através de análises físicas (cor, turbidez, condutividade elétrica e sólidos), químicas (pH, fosfato, cloreto, nitrato, nitrito, amônia, cloro e sulfatos) e microbiológicas (coliformes totais e *E. coli*), e sua qualidade foi comparada com os padrões da ABNT NBR 15527/2019, que dispõe sobre o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento de telhado verde extensivo localiza-se na área de estudo do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sob as coordenadas geográficas 29°42'48,7" S e 53°43'07,4" W, no bairro Camobi, em Santa Maria- RS (Figura 1), na unidade morfológica denominada Depressão Central, numa zona de transição entre os biomas Pampa e Mata Atlântica (LÖBLER et al., 2015).

Figura 1- Localização da área experimental



Fonte: Autora.



No local há o predomínio de gramíneas rasteiras e algumas árvores exóticas do gênero *Eucalyptus*, além de algumas construções de madeira e alvenaria, que não causam influência aos módulos experimentais. A área experimental é totalmente cercada para evitar danos tanto de pessoas quanto de animais que possam prejudicar o andamento das pesquisas.

## 2.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Os telhados verdes estão instalados, desde o ano de 2013, na área experimental desenvolvida pelo grupo de pesquisa em Modelagem Hidroambiental e Ecotecnologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O TV possui uma área total de 6,12 m<sup>2</sup> e 1% de inclinação, sua estrutura é composta por uma camada de impermeabilização constituída de lona impermeabilizante sob o TV, que evita a infiltração da água pluvial na estrutura, seguida por uma camada de drenagem, camada de filtração (geotêxtil), onde ficam retidas as impurezas da água, o substrato constituído por uma camada de 100 mm de solo da região da classe Argissolo Vermelho-Amarelo e a vegetação composta de plantas da espécie *Sedum rupestre* (figura 2), amplamente utilizadas por apresentarem resistência ao estresse hídrico e às baixas temperaturas (JOBIM, 2013; LORENZINI NETO, 2014; PESSOA, 2016). A cobertura verde possui uma capacidade de armazenamento de águas pluviais de aproximadamente 11,33 mm.m<sup>-2</sup>, o que resulta em um escoamento médio de 15 L m<sup>-2</sup> (PERSCH, 2012; LORENZINI NETO, 2014; PESSOA, 2016; TASSI et al., 2014).

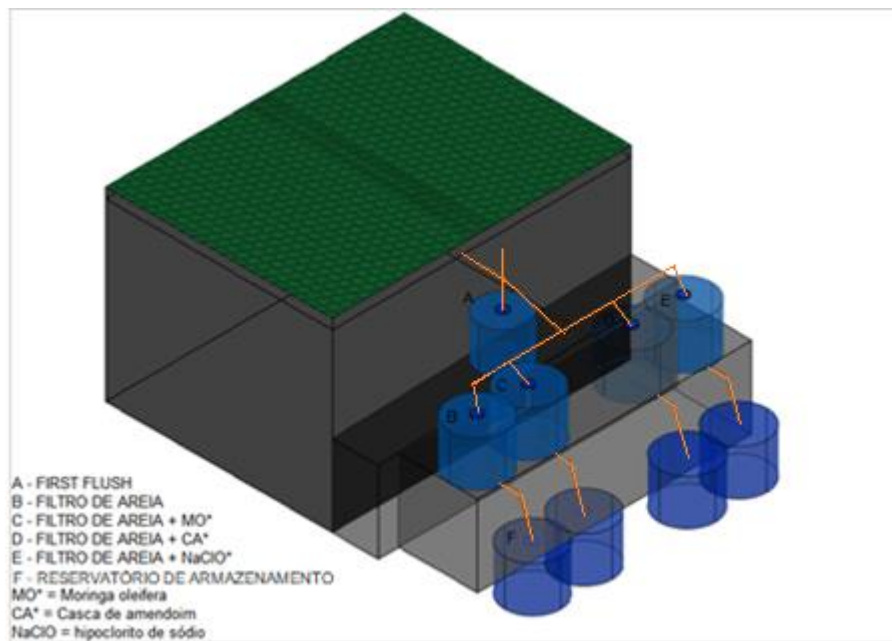
Figura 2 - Vegetação de *Sedum rupestre* no telhado verde



Fonte: Autora.

Após a precipitação, a água infiltra pela camada de solo até atingir a tubulação de drenagem localizada no fundo do telhado verde. A drenagem encaminha a água até o reservatório de primeiro descarte, com volume de 10 L e, posteriormente, aos 4 filtros e seus reservatórios, com volume de 20 L cada. O experimento montado para a primeira fase da pesquisa está apresentado na figura 3.

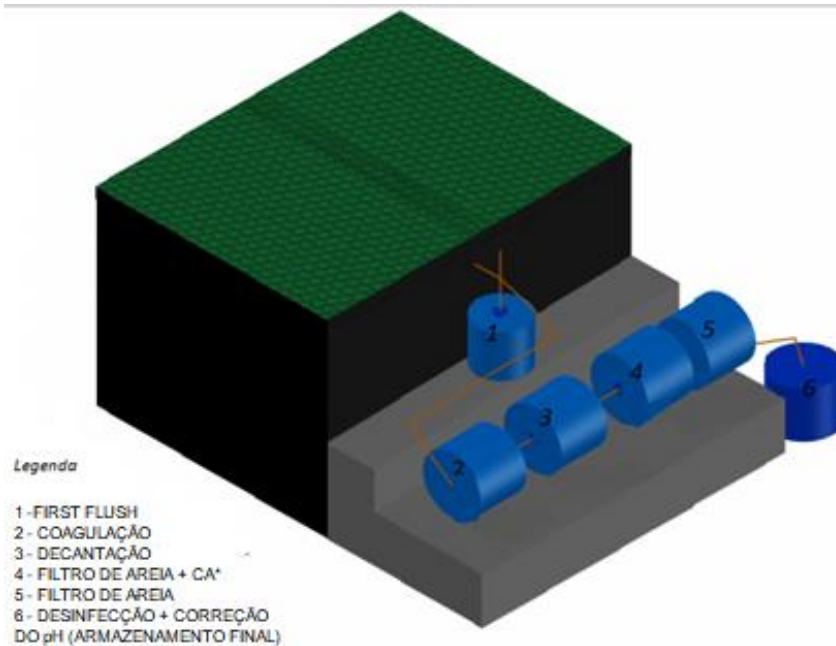
Figura 3- Desenho esquemático da estrutura de filtros e reservatórios do TV



Fonte: Autora.

A segunda fase da pesquisa o tratamento da água escoada do telhado verde foi realizado através das seguintes etapas: coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção e correção do pH, como mostra a figura 4, a fim de melhorar a qualidade da água filtrada.

Figura 4 - Desenho esquemático da segunda etapa de estudos



Fonte: Autora.

A primeira etapa, portanto, é a de coagulação, onde as partículas muito pequenas são desestabilizadas, através da utilização de coagulantes e agregadas para que possam ser decantadas. Uma alternativa de coagulante natural é a semente *Moringa oleifera*. A decantação consiste em um processo físico de separação de misturas heterogêneas do tipo líquido-sólido.

As últimas etapas do tratamento são a desinfecção através da cloração com hipoclorito de sódio, e a correção do pH com carbonato de sódio, que atua aumentando o pH da água. A água da chuva *in natura* possui teor ácido, entre 4,5 e 7, e após a passagem pelos filtros pode chegar entre 2 e 5, devido aos componentes presentes no hipoclorito de sódio e na *Moringa oleifera*, por exemplo, deixando a água pós-tratamento mais ácida (HAGEMANN, 2009; de PAULA e ILHA, 2016; PESSOA, 2016; SILVA, 2018).

### 2.3 DESCARTE DA PRIMEIRA CHUVA OU FIRST FLUSH

A água que escoar dos telhados verdes possui impurezas devido aos componentes do solo e do ambiente externo, que tornam a água turva e influenciam na sua qualidade, por esta razão é necessário o descarte do escoamento inicial. Segundo a NBR 15.527/2019, é recomendável o descarte de 2 mm da precipitação inicial. Portanto, para o cálculo do volume descartado, foi utilizada a equação 1:

$$V = 2 \cdot A \quad (1)$$

Onde  $V$  é o volume que o dispositivo de descarte deve possuir, em litros;  $A$  é a área de captação da água da chuva, ou a área do telhado verde, em  $m^2$ .

Sendo que o telhado possui uma área de captação de  $A = 6,12 m^2$ , o volume a ser descartado é de  $V = 12,24 L$ . O sistema de descarte localiza-se na saída da tubulação de drenagem localizada entre o telhado verde e os filtros. O sistema é constituído de dois elementos importantes, uma conexão "T" e um respiro. A conexão serve para facilitar o descarte inicial da água da chuva. Esse "T" é conectado à tubulação de forma que a água esorra pela tubulação e caia no separador, pequeno reservatório do sistema de descarte, que após completar seu volume força a água para os filtros pela saída superior da conexão seguindo até o tratamento. O outro dispositivo é chamado de respiro, que evita que o ar que preenche o separador impeça a água de entrar. Por ter sido reutilizado com materiais de fácil obtenção (embalagens de água mineral), o volume de descarte utilizado foi de 10 L. Para construção do condutor horizontal foram utilizadas tubulação de PVC de 50 mm com 2 metros de comprimento, joelho de 90° graus e para conexão "T", foram utilizados 2 Tês 50 mm e 2 joelhos de 90°, como mostra a figura X.

Figura x – Tubulação e Conexão “T” conectada ao dispositivo de descarte inicial



Fonte: Autora.

## 2.4 SISTEMA DE FILTRAÇÃO

A figura 5 representa o sistema de filtração constituído por 4 galões de polietileno tereftalato (PET), com capacidade de 20 litros e diâmetro de 459 mm e as camadas dos filtros. Esses materiais foram utilizados devido seu baixo custo, simplicidade e facilidade de obtenção. Para construção do sistema de filtragem foram utilizados tubos de PVC de 50 mm, juntamente com joelhos de 90° e mangueira de 2". Nos filtros, os materiais filtrantes utilizados foram areia de quartzo, com tamanho de partícula com 60 a 2000  $\mu\text{m}$ , brita 1 com dimensões de 9,5 a 19 mm e o bioissorvente triturado.

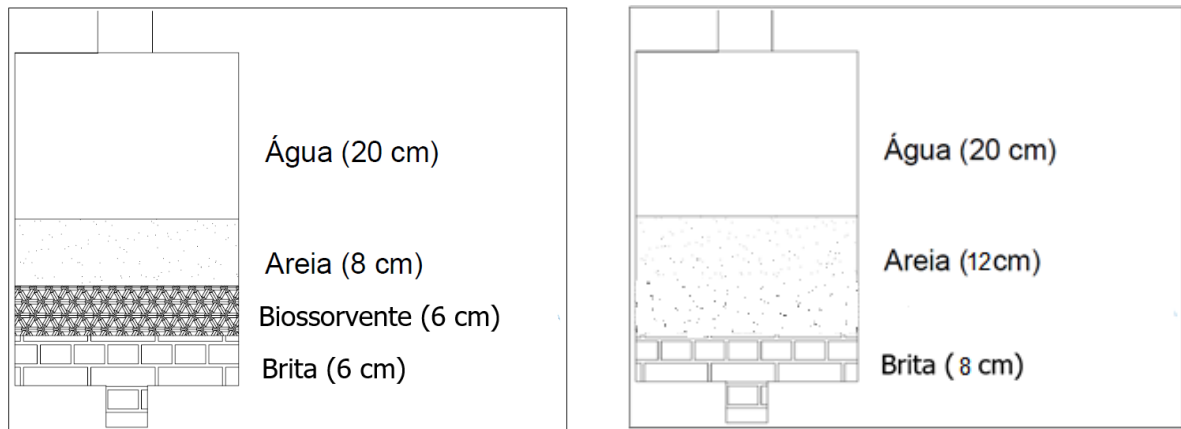
Figura 5– Sistema de filtração acoplado ao telhado verde



Fonte: Autora.

Após a passagem da água pelo último filtro, ocorria a desinfecção com hipoclorito de sódio, através de uma dosagem predefinida de 1,5 mg/L (SILVA, 2018). Foi colocada uma manta geotêxtil entre os materiais filtrantes, para evitar o carreamento do material. Tanto para a primeira fase do projeto quanto para a segunda, os materiais utilizados foram os mesmos com exceção do carbonato de sódio que foi acrescentado no final com o propósito de corrigir o pH da água escoada, com uma concentração de 0,06 mg/L, segundo a metodologia de Furtado, Poersch e Wasielesky Jr (2011) e a colocação dos filtros, como mostra a figura 4. A figura 6 representa como os materiais foram dispostos nos filtros convencionais e com bioissorventes.

Figura 6 - Camadas constituintes dos filtros



Fonte: Autora.

## 2.5 PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS

Para preparação do material filtrante foi realizada a distribuição granulométrica através de peneiras para areia média de 0,42 mm, brita nº 1 de 19mm e brita 0 de 9,5mm, lavagem e após a montagem dos filtros. O preparo do biossorvente de casca de amendoim foi desenvolvida seguindo a metodologia de Nowicki e col. (2010). Inicialmente as cascas foram moídas e trituradas e em seguida, lavadas em água corrente e secas em estufa a 100 °C por 24h pesadas e adicionadas ao filtro. Para a preparação das sementes de *Moringa oleífera*, as mesmas foram trituradas e secadas em estufa à 80 °C por 24 horas. (PINTO e HERMES, 2005).

## 2.6 AVALIAÇÃO E PADRÕES DA QUALIDADE DA ÁGUA DE TELHADOS VERDES

Para a avaliação da qualidade da água escoada pelo telhado verde foram realizadas análises de parâmetros físicos (cor, turbidez, temperatura, sólidos totais, condutividade elétrica), químicos (pH, cloreto, fosfato, nitrato, nitrito e sulfato) e microbiológicos (coliformes totais e *E.coli*). As análises foram realizadas com base no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017) no



Laboratório de Engenharia de Meio Ambiente (LEMA), na UFSM. Além da análise dos parâmetros citados acima, os resultados foram comparados com as normas vigentes para uso potável e não potável da água. Os parâmetros e as metodologias empregadas nas análises de qualidade da água estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros e metodologias empregadas para avaliação da qualidade da água.

<b>Parâmetros</b>	<b>Limites paramétricos</b>	<b>Metodologia (APHA, 2017)</b>
Cond. Elétrica	0,1 $\mu$ S/cm	Potenciométrico (Mét.2510B)
Cor aparente	0,1 uC	Colorimétrico (Mét.2120B)
Cloretos	0,05 mg/L	Cromatografia Iônica (Mét. 4500B)
Fosfato	0,1 mg/L	Cromatografia Iônica (Mét. 4500B)
Nitrato	0,04 mg/L	Cromatografia Iônica (Mét. 4500B)
Nitrito	0,04 mg/L	Cromatografia Iônica (Mét. 4500B)
pH	0,1	Potenciométrico (Mét.2510B)
SDT	0,1 mg/L	Gravimétrico (Mét. 2540C)
Sólidos Totais	0,1 mg/L	Gravimétrico (Mét. 2540B)
SST	0,1 mg/L	Gravimétrico
Sulfato	0,1 mg/L	Cromatografia Iônica (Mét. 4500B)
Temperatura	0,1 °C	Termometria
Turbidez	0,02 UNT	Nefelométrico (Mét. 2130B)
Coliformes totais	1 NMP/100 mL	Ideex-colilert
<i>E. coli</i>	1 NMP/100 mL	(presença/ausência)

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; SST: Sólidos Suspensos Totais.

Fonte: Adaptado de Pessoa (2016).

A água escoada de telhados verdes após passar por filtros de areia possui teores máximos de impurezas permitidos pelas normas vigentes de qualidade da água, estes são estabelecidos em função dos seus usos, potável ou não. Para isto, deve-se seguir os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis fornecidos pela NBR 15527/2019 e a caracterização, dimensionamento e uso de sistemas dessas fontes alternativas de água não potável devem seguir as

recomendações da ABNT NBR 16783/2019. Além disso, para uso potável da água a Portaria 888/2021, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Após o tratamento com filtros, a água escoada do telhado verde foi enquadrada conforme sua classificação de uso e pelas normas de qualidade da água para uso não potável.

Para todos os eventos de precipitação selecionados, foi avaliada a qualidade da água das chuvas drenadas do telhado verde. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram analisados em eventos considerados mais representativos, acima de 15 mm.

Os resultados foram divididos em duas fases, a primeira fase teve início das análises no dia 28/11/2020 até o dia 12/02/2021, totalizando 11 eventos e cinco amostras (água bruta, filtro com CA, filtro com MO, filtro de areia e filtro com HS) para cada evento. a segunda fase iniciou no dia 24/03/2021 até o dia 11/06/2021, com um total de 6 eventos de chuva, com 2 amostras (água bruta e água tratada), para cada evento.

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para a análise estatística da qualidade da água, foi realizada a análise dos parâmetros físico-químicos, através da estatística descritiva dos dados, como, valores mínimos e máximos, desvio-padrão, média e mediana. Para a apresentação dos resultados utilizou-se gráficos, *box plot*.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.2 PARÂMETROS FÍSICOS DE QUALIDADE

Os filtros compostos por *Moringa oleifera* e casca de amendoim apresentaram valores mais elevados de concentração após o tratamento na maioria dos parâmetros analisados, exceto turbidez. Estes resultados podem estar relacionados a composição do material, pois, a casca de amendoim e a semente da Moringa, quando em contato com a água podem liberar coloração. Os filtros contendo areia e brita como meio suporte,

resultaram em águas com menores índices de cor, pois a areia retém as partículas em suspensão da água, promovendo uma melhora da qualidade (NKWONTA, 2010; TEIXEIRA e GHISI, 2019; BERNDTSSON, 2010). Altos níveis de cor também foram encontrados por Beattie e Jarret (2009) e Costa et al. (2021) com valores entre 50 e  $\geq 500$  uC e concluíram que a cor é influenciada pelos compostos orgânicos, incorporado no substrato para melhorar o crescimento das plantas. As amostras de cor da água bruta do TV apresentaram altos índices na primeira fase experimental, devido a intensidade da chuva e da composição do solo. Já na segunda fase do estudo a cor das amostras tratadas variou de 8,5 a 32 uT, como mostra a figura 7 (COSTA et al., 2021; PESSOA, 2016; WHITTINGHILL et al., 2016).

A água bruta após o TV, o filtro composto de areia e Moringa apresentaram elevados índices de turbidez na água variando entre 15 e 30uT, enquanto, os tratamentos com casca de amendoim e hipoclorito de sódio apresentaram valores entre 10 e 30uT, figura 7. No segundo tratamento a água tratada após passar pelos filtros variou entre 10 e 23uT, valores ainda acima dos permitidos pelas legislações, como mostra o quadro 1. Lugo-Arias et al. (2020) pode observar uma redução de 52 % dos índices de turbidez na água não potável, utilizando *Moringa oleifera*. Para Beecham e Razzaghmanesh (2015), Carlos et al. (2021) e Wang, Tian e Zhao (2017), os TV extensivos apresentaram valores entre 2,31 e 40,7uT para turbidez. A variação temporal da turbidez de telhados verdes foi reportada por Morgan et al. (2011), os pesquisadores relataram que os valores médios de turbidez foram maiores na fase inicial da pesquisa e variaram com a intensidade de cada evento. O tipo de vegetação, a idade do telhado verde e das intensidades da chuva podem estar influenciando nas elevadas concentrações de turbidez (IGRA, 2011).

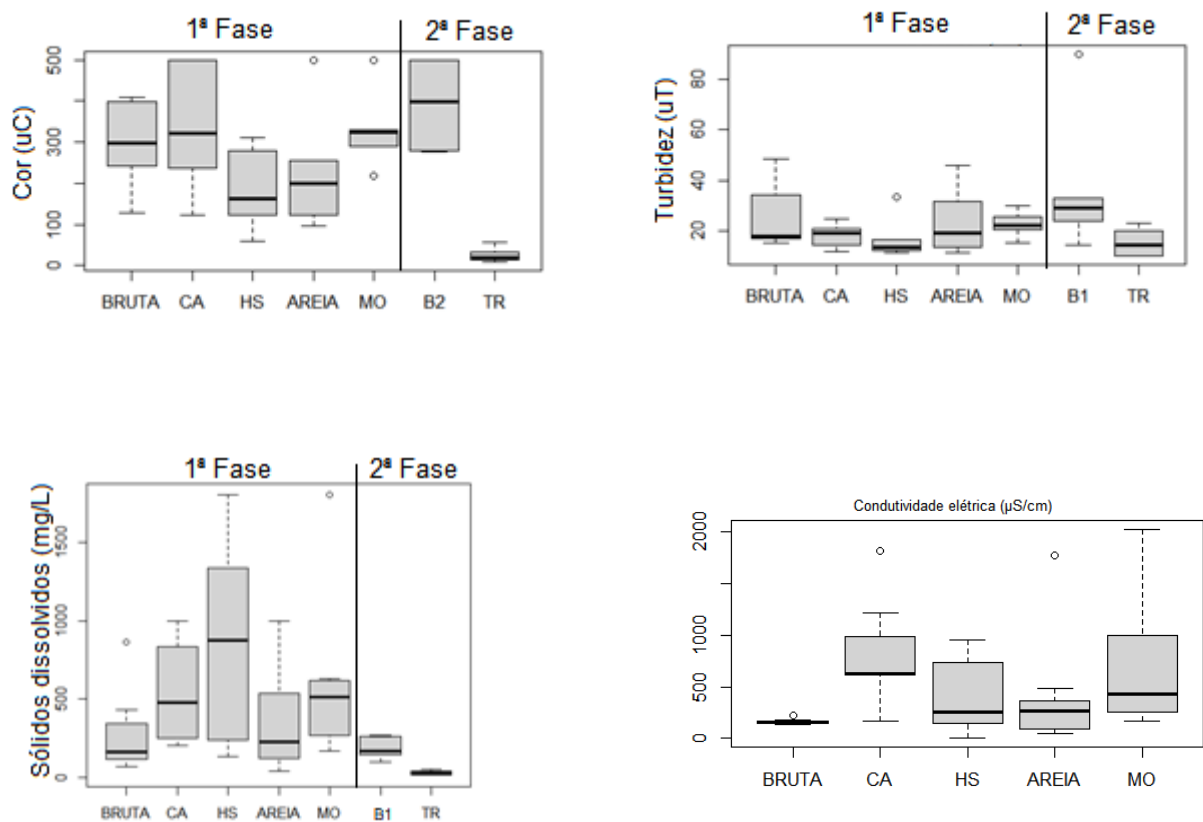
Os sólidos totais são o somatório dos sólidos suspensos mais os sólidos dissolvidos totais (SDT). Logo, os SDT representam a quantidade de matéria orgânica e inorgânica presente na água escoada de TV. Os sólidos dissolvidos totais encontrados nas amostras variaram entre 20 e 2000 mg.L<sup>-1</sup>. O filtro composto por hipoclorito de sódio foi o que apresentou maior variação, variando de 10 a 2000 mg.L<sup>-1</sup>, isso pode estar relacionado com alguns fatores, como a quantidade de matéria orgânica no solo. Beecham e Razzaghmanesh (2014) e (2015), também observaram uma variação nos

resultados de SDT, estes oscilaram entre 2,4 e 5,9 mg.L<sup>-1</sup> para água da chuva 6,5 e 385 mg.L<sup>-1</sup> após passagem pelo telhado verde.

A condutividade elétrica variou entre 5 e 2000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , de acordo com os eventos de precipitação e com os tratamentos utilizados após o escoamento. Para Beattie e Jarrett (2009) os valores de condutividade foram de 20 a 200  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Porém, Santana et al. (2020) observou níveis entre 1100 e 2010  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  para o estudo com semente *Moringa oleifera*. O alto índice de condutividade elétrica ocorre devido aos lixiviados em soluções nas quais as sementes foram imersas, resultado da liberação de mais exsudatos para o exterior da célula, conseqüentemente, apresentando maior deterioração das membranas celulares das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Os valores encontrados para os parâmetros físicos de cor, turbidez, sólidos dissolvidos e condutividade elétrica, das duas fases experimentais, estão descritos na figura 7 e nos apêndices A e B.

Figura 7 - Resultados para cor, turbidez, SDT e condutividade elétrica das 5 amostras da primeira fase e 2 da segunda fase.



\*CA: Casca de amendoim; \*HS: Hipoclorito de sódio; \*MO: Moringa *oleifera*; \*B1: água bruta; \*TR: água tratada.

Fonte: Autora.

Desta forma, os resultados obtidos de cor e turbidez foram comparados com as legislações vigentes, tabela 1, os resultados encontrados foram maiores que os valores permitidos para uso potável ou não da água, embora a turbidez das águas filtradas tenha diminuído em comparação a água bruta após TV. Contudo, os limites estabelecidos por norma NBR 15525/2019 foram satisfatórios para sólidos, condutividade elétrica e temperatura e cor para água tratada, que nas primeiras amostras apresentou valores acima dos exigidos, mas conforme o monitoramento e tratamento adequado apresentou diminuição destes parâmetros, como mostra o tabela 1.

Tabela 1 - Valores máximos e mínimos das análises físicas de cada filtro, comparados com as normas vigentes.

Parâmetros	Amostras (mínimos e máximos)						Valores máximos (legislações)			
	1ª Fase					2ª Fase				
	Bruta	CA*	HS*	Areia	MO*	B1	TR	NBR 1*	P1*	NBR2*
<b>Cor (uC)</b>	128-500	87-500	60-310	97-500	217-500	275-500	8-32	-	15	-
<b>Turbidez (uT)</b>	15-49	10-21	11-33	11-31	13-32	14-89	10-20	5	5	5
<b>Cond. Elétrica (µS/cm)</b>	137-222	170-1800	2-956	49-1772	171-1690	-	-	≤3.200	-	-
<b>SDT (mg/L)</b>	20-860	206-1000	130-2000	40-1000	170-2000	96-980	15-50	≤ 2000	500	-
<b>T(°C)</b>	21-26	21-26	21-26	21-26	21-26	16-19	16-19	-	-	-

NBR1\*: 16783/2019; p1\*: Portaria 888/2021; NBR2\*: 15527/2019

Fonte: Autora.

### 3.3 PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE

A água bruta escoada do TV para os filtros resultou em um pH entre 2 e 7, o que torna o telhado verde uma fonte de acidez, valores próximos aos encontrados por Hagemann (2009) que foram entre 4,5 e 7 na água da chuva *in natura*. O filtro com

desinfecção de hipoclorito de sódio, colaborou com a acidez da água por possuir ácido em sua composição (SILVA, 2018). De Paula e Ilha (2016), verificaram que a *Moringa oleifera* como coagulante trabalha na faixa de pH entre 4 e 5. Esses valores podem ser encontrados na tabela 2.

A água escoada pelo TV e após filtragem não apresentou muita variação em relação ao parâmetro cloreto, exceto o filtro com *Moringa oleifera* que atingiu altos níveis. Bem como observado por Ndabigengesere e Narasiah (1997), em que notaram um aumento na concentração de íon cloreto no tratamento de água turva, devido a concentração de semente de *Moringa*. Em relação as normas vigentes, os valores de pH encontrados foram baixos, o que caracteriza um pH ácido, na maioria das coletas, como mostra a tabela 2.

As amostras de água (TV e filtros) apresentaram índices elevados de sulfato, os quais variaram de 2,27 mg.L<sup>-1</sup> e 29,96 mg.L<sup>-1</sup> (tabela 2). Em relação às sementes de *Moringa*, são encontrados altos teores de carbono, enxofre, potássio e fósforo e estas substâncias que apresentaram enxofre em sua composição, são fontes de contaminação por sulfato, sendo este o motivo para o aumento do teor destes compostos na saída do filtro com *Moringa* (DAIM et al., 2010; LENS et al., 1998).

Os maiores teores de fosfato foram encontrados no filtro com casca de amendoim e *Moringa oleifera*, como descrito na tabela 2. No estudo de Mohammadi, Alidoust e Mahboub (2015) apontaram que a casca de amendoim ocasionou um aumento de fósforo e potássio disponíveis no meio. Quanto a *Moringa*, esta é rica em fósforo e quando entra em contato com a água, ocorre a liberação de compostos químicos de fosfato (LENS et al., 1998).

O filtro com casca de amendoim também apresentou elevados teores para nitrito e nitrato (tabela 2). Uma vez que, de acordo com Mohammadi, Alidoust e Mahboub (2015), contém nitrogênio em suas composições químicas. Quanto às sementes de *Moringa*, é inevitável a inserção do nitrogênio e/ou nitrato da semente natural para a água tratada (TAIWO, KUKU E OKOYA, 2020). O elevado teor de nitrito na água do filtro com hipoclorito de sódio, ocorreu pois, segundo Rossin (1987) e Van Bremem (1984) a presença de nitrogênio no hipoclorito de sódio pode resultar em diversas reações, as

quais dependem da relação do cloro dosado e o nitrogênio amoniacal do meio e do pH, gerando outras reações químicas.

Tabela 2 - Comparação dos resultados das amostras analisadas com as normas vigentes de potabilidade da água

Parâmetro	Amostras (mínimos e máximos)							Valores máximos permitidos		
	Bruta	CA*	HS*	Areia	MO*	B1	TR	NBR*	P1*	NBR2*
<b>pH</b>	4-5.8	2-5.8	2-7.8	5-8	2-7	5-5.6		6.0 – 9.0	6.0 – 9.0	6.0- 9.0
<b>Cloro (mg/L)</b>	0	0	0-2	0	0	0	1.5	5	2	5
<b>Amônia (mg/L)</b>	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
<b>Fluoreto (mg/L)</b>	0.11	0.12	0.09	0.09	0.05	0.4	1.16	-	1.5	-
<b>Cloreto (mg/L)</b>	26.9	26.3	26.4	25.9	41.8	27.17	50.53	-	250	-
<b>Nitrito (mg/L)</b>	-	1.58	0.04	0.05	0.79	0.22	0.21	-	1,0	-
<b>Nitrato (mg/L)</b>	1.19	4.29	7.53	6.14	5.27	24.28	5.42	-	10	-
<b>Fosfato (mg/L)</b>	0.68	0.77	-	0.52	1.89	1.18	0.81	-	-	
<b>Sulfato (mg/L)</b>	18.5	17.1	25	2.27	29.9	78.53	135	-	250	-

NBR\*: 16783/2019; P1\*: Portaria Nº 888/2021; NBR2\*: 15527/19

Fonte: Autora.

O pH foi baixo na maioria das amostras coletadas, com exceção da água tratada (TR) para a qual o pH foi corrigido. A água da chuva já tem característica de ser ácida o que favoreceu os resultados de pH mais extremos. Quanto à análise dos outros parâmetros, apenas o nitrito do filtro composto de casca de amendoim apresentou valor acima do limite, isso deve se a composição do material, que quando em contato com a água pode levar a carreamento de poluentes químicos, quando o material encontra-se saturado (PESSOA, 2017).



### 3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A água bruta e tratada pelo filtro de areia apresentaram altos níveis de coliformes totais (tabelas 3 e 4) e *Escherichia coli*. A água drenada pelos filtros com casca de amendoim, hipoclorito de sódio e Moringa não apresentaram *E. coli* (figura 8).

Tabela 3 - Valores de coliformes totais para 5 amostras de cada tratamento da 1ª fase

Eventos	Água bruta*	MO*	HS*	CA*	Areia*
28/11	3,6 E+05	1395	0	2,9E+05	1,9E+05
3/12	1,8E+06	5510	0	2,9E+05	5,4E+05
19/12	7,1E+05	5510	0	2,8E+05	2,9E+05
16/01	1,8E+06	850	0	7400	5,4E+05
27/01	1,9E+06	1080	0	1000	5,4E+05
28/01	1,8E+05	5520	0	10800	5,4E+05
3/2	1,9E+05	3830	0	7500	5,4E+05
11/02	1.7E+05	1080	0	7400	5.4E+05
12/02	1.8E+05	850	0	1080	5.4E+05

\*(NMP/100mL)

Fonte: Autora.

Tabela 4 - Valores encontrados de coliformes totais das amostras de água bruta e tratada da 2ª fase

Eventos	BR1*	TR*
24/03	3,6 E+06	0
05/05	1,8E+06	0
11/05	7,1E+05	0
22/05	2.6 E+05	0
28/05	1,9E+05	0
11/06	1.80E+05	0

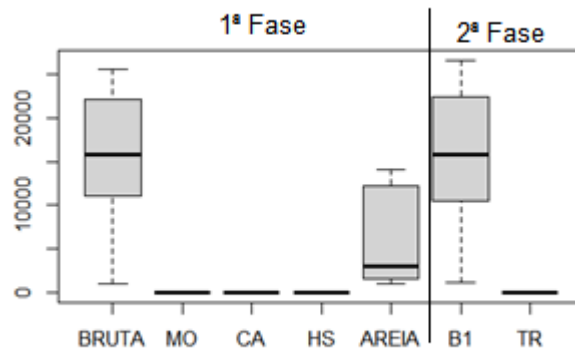
BR1\*: Água bruta; TR\*: água tratada.

Fonte: Autora.

Analisando as tabelas 3 e 4, pode se notar que os telhados verdes e os filtros de areia atuaram como fonte de coliformes totais. Pessoa (2016), Teixeira (2013), Sá et al., (2021), Ferrans et al., (2018) verificaram em suas pesquisas que os telhados verdes também foram fontes de coliformes totais com valores acima de  $2,4 \times 10^3$  NPM/100 mL, valores muito acima dos exigidos pelas, Portaria nº 888/2021 e ABNT NBR 15527/2019 que requerem ausência de coliformes totais em 100mL e valores menores de 200 mL, respectivamente. Os filtros com casca de amendoim e *Moringa oleifera* reduziram os valores de coliformes e *E. coli* se comparado a água sem tratamento. Para Ntibrey et al. (2020) no tratamento de águas cinzas com a mesma dosagem de *Moringa oleifera*, os valores médios encontrados após o tratamento foram de 700 NPM/100mL com eficiência de 99 % na remoção de coliformes e *E. coli*, mesma eficiência encontrada, neste trabalho, para o tratamento da água escoada pelo telhado verde.

A água clorada com hipoclorito de sódio das duas etapas de monitoramento não apresentaram coliformes totais nem *E.coli*, com eficiência de 100% na eliminação de microrganismos. Os valores também encontrados para Maciel et al., (2020) e Silva (2018) na desinfecção. Os valores de *E.coli* das amostras coletadas diretamente do telhado verde e pós filtração, podem ser observadas através do boxplot da figura 8. Somente as amostras da água bruta e do filtro composto de areia apresentaram *E. coli*.

Figura 8– Análise de *Escherichia coli* das amostras coletadas de cada filtro na 1ª e 2ª fase



MO\*: *Moringa oleifera*; CA\*: Casca de amendoim; HS\*: Hipoclorito de sódio; B1\*: Bruta.

Fonte: Autora.

## 4 CONCLUSÕES

A casca de amendoim apresentou menores valores de parâmetros físicos e químicos, porém, as sementes de Moringa ocasionaram maior redução na quantidade de microrganismos. Alguns parâmetros como cor e turbidez permaneceram elevados mesmo após a passagem pelos filtros.

Os filtros com biossorbentes apresentaram redução em alguns parâmetros como turbidez e coliformes totais, contudo, com valores acima dos parâmetros exigidos pelas legislação de uso não potável da água, devido aos índices de turbidez. O filtro composto por areia, brita e desinfecção com hipoclorito de sódio obteve um resultado satisfatório nas análises microbiológicas, pois conseguiu a eliminação total dos coliformes totais e *E.coli* presentes na água bruta, tal como, a redução de alguns parâmetros físico-químicos. A sua classificação foi como água não potável, segundo a ABNT NBR 15527/2019 e Portaria nº 888/2021.

Na segunda etapa do estudo, pode-se observar a redução da cor, sólidos dissolvidos totais e a melhora do pH. A água filtrada após a correção do pH e desinfecção, foi a que apresentou os melhores resultados, apesar de sua classificação como não potável, podendo ser utilizada para rega, lavagem de carros e descarga sanitária.

No geral, os filtros não foram suficientes para melhorar a qualidade da água escoada do telhado verde. Recomenda-se, portanto, mais estudos a longo prazo referentes ao uso de filtros, como o aumento do diâmetro e testar outras configurações das camadas constituintes, a fim de se obter uma melhor eficiência, assim como a utilização de outros materiais biossorbentes.

## REFERÊNCIAS

ABDULLA, Fayez A.; AL-SHAREEF, A. W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. **Desalination**, [S. l.], v. 243, n. 1–3, p. 195–207, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.013>>. Acesso em: 15.mar.2020

ABNT NBR 15527. Associação Brasileira de Normas Técnicas - Água de chuva. **Norma Brasileira**, [S. l.], p. 8, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10384-012-0205-9>>. Acesso em: 23.abr.2020

ABNT NBR 11799. Associação Brasileira de Normas Técnicas- Material filtrante. **Norma Brasileira**, [S. l.], p. 17, 2016. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1709/abnt-nbr11799-material-filtrante-areia-antracito-e-pedregulho-especificacao>>. Acesso em:21.abr.2020

ABNT NBR 13969. Associação Brasileira de Normas Técnicas – Tanques sépticos. Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. **Norma Brasileira**, [S. l.], p. 8, 1997. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10610/abnt-nbr13969-tanques-septicos-unidades-de-tratamento-complementar-e-disposicao-final-dos-efluentes-liquidos-projeto-construcao-e-operacao>>. Acesso em:21.abr.2020

ABO EL NAGA, A. O. *et al.* Fast removal of diclofenac sodium from aqueous solution using sugar cane bagasse-derived activated carbon. **Journal of Molecular Liquids**, [s. l.], v. 285, p. 9–19, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.04.062>

AHALYA, N.; RAMACHANDRA, T.V.; KANAMADI, R.D. Biosorption of heavy metals. **Research Journal Chemistry and Environment**, v. 7, n. 5, p.71-79, 2003.

AHMARUZZAMAN, M.; SHARMA, D. K. Adsorption of phenols from wastewater. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 287, n. 1, p. 14–24, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.01.075>>. Acesso em:13.mar.2020

AHMED, S. *et al.* Characterization Of Activated Carbon Prepared From Coconut Shell Using Various Reagents For A Low Cost Water- Filter. **International Journal of Engineering and Technology**, [S. l.], v. 9, n. 3S, p. 180–188, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i3/170903s029>>. Acesso em: 02.jul.2020

AKTHER, M. *et al.* A review of green roof applications for managing urban stormwater in different climatic zones. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. 1–28, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su10082864>>. Acesso em: 18.fev.2020.

ALLEN, L.; CHRISTIAN-SMITH, J.; PALANIAPPAN, M. **Overview of greywater reuse**. [S. l.: s. n.], 2010.

ALTIERI, M.A. Crescimento e desenvolvimento inicial da cultura da moringa (Moringa oleifera Lam .) submetida à fertilização orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 10, n. 83, p. 103–107, 2015.

AMARAL, G. *et al.* Manual prático de análise de água. **Journal of Petrology**, [S. l.], v. 369, n. 1, p. 1689–1699, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>>. Acesso em:14.mar.2020

ANWARI, M. **Avaliação da remoção de bisfenol-a em matriz aquática através de adsorção em casca de *Arachis hypogaea* L.** [S. l.], n. September, p. 160–164, 2018.

APHA, Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd edition edited by E. W. Rice, R. B. Baird, A. D. Eaton and L. S. Clesceri. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C., USA, 2012.

ARAUJO, L. A. *et al.* Moringa oleifera biomass residue for the removal of pharmaceuticals from water. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 7192–7199, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.016>>. Acesso em: 19.jun.2020

ARAÚJO, S.R. **Telhados Verdes**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

ARIEF, V. O.; *et al.* Recent Progress on Biosorption of Heavy Metals from Liquids Using Low Cost Biosorbents: Characterization, Biosorption Parameters and Mechanism Studies. **Clean**. v. 36, n. 12, p. 937 – 962, 2008.

AUGUSTO, A.; SCCOTI, V. Contribution To the Delineation of Pampa and Atlantic Forest Biomes in Santa Maria, Rs. **Contribution To the Delineation of Pampa and Atlantic Forest Biomes in Santa Maria, Rs.**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 1250–1257, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/2236117016038>>. Acesso em: 11.jul.2020

AUGUSTO, L.; MESTRE, M.; KRUL, R. Mangrove Bird Community of Paranaguá Bay - Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S. l.], v. 50, n. January, p. 75–83, 2007.

BAGHERI, A. *et al.* Modified biochar from Moringa seed powder for the removal of diclofenac from aqueous solution. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 7318–7327, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06844-x>>. Acesso em: 26.mai.2020

BALAKRISHNAN, M. *et al.* Waste materials – catalytic opportunities: An overview of the application of large scale waste materials as resources for catalytic applications. **Green Chemistry**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 16–24, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/c0gc00685h>>. Acesso em: 01.jul.2020

BAPTISTA, A. T. A. *et al.* Protein fractionation of seeds of Moringa oleifera lam and its application in superficial water treatment. **Separation and Purification Technology**, [S. l.], v. 180, p. 114–124, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.02.040>>. Acesso em:

BARRETO, M. B. *et al.* Constituintes químicos voláteis e não-voláteis de Moringa oleifera Lam., Moringaceae. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 893–897, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000600018>>. Acesso em: 15.mai.2020

BARYŁA, A. *et al.* The influence of a green roof drainage layer on retention capacity and leakage quality. **Water Science and Technology**, [S. l.], v. 77, n. 12, p. 2886–2895, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wst.2018.283>>. Acesso em:

BASSO, A. **Cobertura verde como sistema de reaproveitamento de água da chuva e águas servidas**. 2013. 57 f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

BEATTIE, D. J.; JARRETT, A. R. Green Roofs for Stormwater Runoff Control. **Environmental Protection**, [s. l.], v. EPA/, n. February, p. 81, 2009. Available at: <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r09026/600r09026.pdf>

BEATRICE, C.C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais, como cobertura leve de telhados em edificações**. Escola de engenharia de São Carlos, São carlos-SP, 2011.

BENETTI P. **Telhado Verde**. Disponível em: <<http://www.benettipaisagismo.com.br/telhado-verde/benetti-paisagismo.php>>. Acesso em: 20.fev.2020

BERNDTSSON J, EMILSSON T, BENGTTSSON L. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. *Sci. Tot. Environ.* v.355, p.48-63, 2006.

BERNDTSSON, J. C.; BENGTTSSON, L.; JINNO, K. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 35, n. 3, p. 369–380, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.020>> Acesso em: 20.fev.2020

BERNDTSSON, J.C. Green roof performance towards management of runoffwater quantity and quality: A review. *Ecol. Eng.* 2010, 36, 351–360.

BEECHAM, S.; RAZZAGHMANESH, M. Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate. **Water Research**, [s. l.], v. 70, p. 370–384, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.12.015>

BORBA, C. E. **Modelagem da remoção de metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo**. [S. l.: s. n.], p.163. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/267400>>. Acesso em: 3.mar.2020

BRANDÃO, P.C. **Avaliação do uso do bagaço de cana como adsorvente para a remoção de contaminantes, derivados do petróleo, de efluentes**. 2006, p. 147. Dissertação (Mestrado em Engenharia química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

BRANDT, M. J. *et al.* **Chemical Storage, Dosing and Control**. [S. l.: s. n.], 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100025-0.00012-0>

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Ministério da Saúde**, [S. l.], p. 926, 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 20.fev.2020

BRASIL. Lei nº 18.112, de 13 de janeiro de 2015, que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do telhado verde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jan de 2015. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1812/18112>>. Acesso em: 25.jan.2020

BUENO, R. **Telhado verde: os Jardins da Babilônia continuam funcionais**. Disponível em: <<http://www.ecocidades.com/2010/09/02/telhado-verde-os-jardins-da-babilonia-continuum-funcionais>>. Acesso em: 19.fev.2020

BUFFAM I, MITCHELL, M.E. Nutrient cycling in green roofecosystems. In: **Sutton R (ed) Green roof ecosystems**. Springer, New York, p. 107–137, 2015.

CABELLO, F.P. Riegos localizados de alta frecuencia. (RLAF) Goteo, microaspersión, exudación. 3ª ed. **Madrid: Mundi-Prensa**, p. 511. 1996.

CARBONE, M. *et al.* A conceptual model for predicting hydraulic behaviour of a green roof. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 70, p. 266–274, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.030>>. Acesso em: 05.abr.2020

CARSON, T.B., et al. Hydrological performance of extensive green roofs in new York City: observations and multi-year modeling of three full-scale systems. **Environ. Res. Lett.** 8, 13, 2013.

CASTRO, A. S. **Uso De Pavimentos Permeáveis E Coberturas Verdes No Controle Quali- Quantitativo Do Escoamento Superficial Urbano**. 2011. p. 161. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul - Instituto De Pesquisas Hidráulicas, 2011.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. **Uso de telhados verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano**. [S. l.: s. n.]. 2010.

CARVALHO, M. S. De. **Aplicação da Moringa oleifera na remoção de células de microcystis aeruginosa e metabólitos por flotação por ar dissolvido e filtração rápida**. 2015. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CAVALCANTI, J. V. F. *et al.* Removal of Effluent from Petrochemical Wastewater by Adsorption Using Organoclay. **Petrochemicals**, [S. l.], n. November, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.5772/37200>>. Acesso em: 29.mai.2020

CIONEK, C. A.. . Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2013.

CLAYTON, G. E.; THORN, R. M. S.; REYNOLDS, D. M. Development of a novel off-grid drinking water production system integrating electrochemically activated solutions and ultrafiltration membranes. **Journal of Water Process Engineering**, [S. l.], v. 30, p. 1–23, 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.08.018>>. Acesso em:15.mai.2020

CLAYTOR, R. A.; SCHUELER, T. R. Design of Stormwater Filtering Systems. **Environmental Protection**, [s. l.], n. December 1996, p. 220, 1996. Disponível em: [http://pittsburghpermaculture.org/wpcontent/uploads/2010/04/stormwater\\_filtration\\_system\\_design.pdf](http://pittsburghpermaculture.org/wpcontent/uploads/2010/04/stormwater_filtration_system_design.pdf).

CONAB. Acomp. safra bras. grãos, v. 6 Safra 2018/19 - Quarto levantamento. **Monitoramento agrícola**, [S. l.], v. 6, n. 2318–6852, p. 126, 2019. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_04\\_14\\_09\\_06\\_31\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_4o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf). Acesso em: 14.mai.2020

COSTA, P. C. L. da *et al.* Rainwater treatment using an acrylic blanket as a filtering media. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 303, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126964>

CRUZ, M. W. de O. *et al.* Efficiency evaluation of moringa seeds in the shrimp ponds effluents treatment. **Revista Ciência Agrônômica**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 257–263, 2007.

CUSIOLI, L. F. *et al.* Modified Moringa oleifera Lam. Seed husks as low-cost biosorbent for atrazine removal. **Environmental Technology (United Kingdom)**, [S. l.], v. 0, n. 0, p. 1–12, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1653381>>. Acesso em: 18.mai.2020

Resolução CONAMA 357/2005: Análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 159–168, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200008>>. Acesso em: 02.abr.2020

CORSINI, R., **Infraestrutura Urbana**. Telhado Verde. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/1-telhado-verde-cobertura-deedificacoes-com-vegetacao-requer-260593-1.aspx>>. Acesso em: 03.abr.2020

CUBILLOS, A. Calidad y Control de La polucion del Água. Mérida: CIDIAT/Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Águas y Tierras. (Mimeo.) **Série Ambiente y Recursos Naturales Renovables**, AR 14, 1981.

DA COSTA, A. R.F. **Limites de aplicabilidade para sistemas automáticos de descarte de água de chuva: estudo de caso**. f58.Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

DAVIS, A. P. *et al.* Laboratory Study of Biological Retention for Urban Stormwater Management. **Water Environment Research**, [S. l.], v. 73, n. 1, p. 5–14, 2001. Disponível em: <<https://doi.org/10.2175/106143001x138624>>. Acesso em: 28.mar.2020

DAVIS, A. P. *et al.* Bioretention technology: Overview of current practice and future needs. **Journal of Environmental Engineering**, [S. l.], v. 135, n. 3, p. 109–117, 2009. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2009\)135:3\(109\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:3(109))>. Acesso em: 09.mai.2020



DE PAULA, H.M; ILHA, M.S.O. Uso da Moringa oleifera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. **REEC - Revista eletrônica de engenharia civil**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 50–60, 2016.

DIETZ, M. E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. **Water, Air, and Soil Pollution**, [S. l.], v. 186, n. 1–4, p. 351–363, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9484-z>. Acesso em: 14.mar.2020

EMBRAPA. **Estudo mapeia áreas de produção de amendoim do Brasil para prevenir doença do carvão**. [S. l.], p. 2020–2022, 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40697528/estudo-mapeia-areas-de-producao-de-amendoim-do-brasil-para-prevenir-doenca-do-carvao>>. Acesso em: 18.mai.2020

ERSOY, Z. G. *et al.* Comparative evaluation of disinfection mechanism of sodium hypochlorite, chlorine dioxide and electroactivated water on *Enterococcus faecalis*. **Lwt**, [s. l.], v. 102, n. August 2018, p. 205–213, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.041>

FAGUNDES, M. H. **Sementes de amendoim**: alguns comentários. 2002. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000093&pid=S1983-4063201200030000700013&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S1983-4063201200030000700013&lng=en)>. Acesso em: 13.mai.2020

FERRANS, P. *et al.* Effect of green roof configuration and hydrological variables on runoffwater quantity and quality. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. 1–18, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w10070960>>. Acesso em: 05.mar.2020

FERREIRA, C. A.; MORUZZI, R. B. Considerações Sobre a Aplicação Do Telhado Verde Aproveitamento Para Fins Não Potáveis. **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, [S. l.], n. 1, p. 1–10, 2009.

FICHTHORN, K. A. Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces. Richard I. Masel. **Journal of Catalysis**, [S. l.], v. 170, n. 1, p. 214–215, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1006/jcat.1997.1791>>. Acesso em: 14.jun.2020

FLL. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. Original version 1995. **Guidelines for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites**. Bonn, Germany. Release 2002.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. **Aquaculture**, [s. l.], v. 321, n. 1–2, p. 130–135, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>

GALLANDAT, K. *et al.* Residual maintenance using sodium hypochlorite, sodium dichloroisocyanurate, and chlorine dioxide in laboratory waters of varying turbidity. **Water**

(Switzerland), [S. l.], v. 11, n. 6, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11061309>. Acesso em: 17.mai.2020

GATANI, M. P. *et al.* Technical production viability and properties of particleboard made with peanut husks | Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. **Revista Materia**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 1286–1293, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-70762013000200004>>. Acesso em: 22.mai.2020

GEORGIN, J. *et al.* Preparation of activated carbon from peanut shell by conventional pyrolysis and microwave irradiation-pyrolysis to remove organic dyes from aqueous solutions. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 266–275, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.11.018>>. Acesso em: 22.mai.2020

GEROTO, R. E. Desempenho de Camadas de Proteção para Geomembranas. [s. l.], p. 188, 2008.

GETTER, K.L., ROWE, D.B., ANDRESEN, J.A.. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. **Ecol. Eng.** 31 (4), 225–231. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.004>.

GREGOIRE, B. G.; CLAUSEN, J. C. Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 963–969, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.02.004>>. Acesso em: 16.mar.2020

GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. S. Componentes de produção de amendoim em diferentes arranjos espaciais no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, n. 2/3, p. 801-812, 2004.

GRO. The GRO Green Roof Code: Green roof code of Best Practice for the UK. [S. l.], p. 25, 2011. Disponível em: <<http://www.nfrc.co.uk/docs/initiatives/grogreenroofcodeuk2011online.pdf?sfvrsn=0>>. Acesso em: 20.fev.2020

GUEYE, M. *et al.* High efficiency activated carbons from African biomass residues for the removal of chromium(VI) from wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 273–281, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.12.014>>. Acesso em: 29.mai.2020

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, [s. l.], 2009.

HANDA, R. M. **Avaliação Da Cloração De Efluentes E Os Impactos Para a Geração De Compostos Orgânicos Halogenados**. 88f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

HASSANEIN, R. A.; ABDELKADER, A. F.; FARAMAWY, H. M. Moringa leaf extracts as biostimulants-inducing salinity tolerance in the sweet basil plant. **Egyptian Journal of**

**Botany**, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 303–318, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.21608/ejbo.2019.5989.1242>>. Acesso em: 18.jun.2020

HERMAWAN, A. A.; JUNG, Da Y.; TALEI, A. Removal Process of Nutrients and Heavy Metals in Tropical Biofilters. **E3S Web of Conferences**, [S. l.], v. 65, p. 1–11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186505026>>. Acesso em: 15.mai.2020

HIRASAKI, G.; ZHANG, D. L. Surface Chemistry of Oil Recovery From Fractured, Oil-Wet, Carbonate Formation. **SPE Journal**, [s. l.], n. June 2004. Available at: <https://doi.org/10.2118/80988-ms>

HUTCHINSON, Doug *et al.* Stormwater monitoring two ecoroofs in Portland, Oregon, USA. **Greening Rooftops for Sustainable Communities**, [S. l.], p. 1–18, 2003. Disponível em: <[http://www.portlandoregon.gov/bes/article/63098%5Cnhttp://www.portlandonline.com/s\\_hared/cfm/](http://www.portlandoregon.gov/bes/article/63098%5Cnhttp://www.portlandonline.com/s_hared/cfm/)>. Acesso em: 03.mar.2020

IGRA - **International Green Roof Association**. Global Networking for Green Roofs. 2011.

JIM, C. Y. Green roof evolution through exemplars: Germinal prototypes to modern variants. **Sustainable Cities and Society**, [S. l.], v. 35, n. July, p. 69–82, 2017. DOI: 10.1016/j.scs.2017.08.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.001> |.

JOBIM, A. L. Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial. Dissertação, [s. l.], p. 75, 2013.

JUNG, Y. *et al.* Evaluation of Moringa oleifera seed extract by extraction time: Effect on coagulation efficiency and extract characteristic. **Journal of Water and Health**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. 904–913, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wh.2018.078>>. Acesso em: 13.abr.2020.

JUNIOR, R. M.; MARTINS, M. V. L. Dimensionamento De Filtro De Areia Para Tratamento De Água Cinza Do Bloco Novo Do Irn. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [s. l.], v. 5, n. 3, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/rber.v5i3.48130>>.

KASANI, A.A.; GILANI, G.H.; CHOOBAR, G. B. The peanut shell treated with 1-Chloro-2,3-epoxypropane and its application as an adsorbent in the removal of nitrate from water. **Groundwater for Sustainable Development**, [s. l.], v. 11, n. April, p. 100404, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100404>

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold. 652 p.1990.

KLEIN, L. B. **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas**. 2017. 181f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

KÖHLER, B. M.; SCHMIDT, M. Study of extensive “Green Roofs” in Berlin [Untersuchungen an extensiven Dachbegrünungen in Berlin - Teil III]. **translated by Saskia Cacanindin**, [S. l.], 2003.

LAMERA, C. *et al.* Green roofs effects on the urban water cycle components. **Procedia Engineering**, [S. l.], v. 70, p. 988–997, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.110>>. Acesso em: 19.mai.2020

LEMOS, C. C. **Formulações Matriciais é base quitosana: estudo de adsorção e liberação de corantes**. Dissertação de Mestrado em Química, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2012.

LEPP, N. W. Planting Green Roofs and Living Walls. **Journal of Environmental Quality**, [S. l.], v. 37, n. 6, p. 2408–2408, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.2134/jeq2008.0016br>>. Acesso em: 03.mar.2020

LIBERALESSO, T. **Telhados verdes extensivos: influência da composição do substrato na retenção hídrica e no desenvolvimento da vegetação**. 2018. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

LIBERATI, A. *et al.* **Escherichia coli: a brief review of diarrheagenic pathotypes and their role in diarrhea in Iran**. [S. l.: s. n.], 2018.

LIU, R. *et al.* The influence of extensive green roofs on rainwater runoff quality: a field-scale study in southwest China. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 27, n. 12, p. 12932–12941, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06151-5>>. Acesso em: 18.mai.2020

LIU, T. C. *et al.* Drought tolerance and thermal effect measurements for plants suitable for extensive green roof planting in humid subtropical climates. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 47, n. February, p. 180–188, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.043>>. Acesso em: 28.mar.2020.

LIU, W. *et al.* Runoff retention assessment for extensive green roofs and prioritization of structural factors at runoff plot scale using the Taguchi method. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 138, n. August, p. 281–288, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.033>.

LIU, J. *et al.* Effects of urbanization on precipitation in Beijing. **Physics and Chemistry of the Earth**, [s. l.], v. 122, p. 103005, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.103005>

LÖBLER, C. A.; SCCOTI, A. A. V.; WERLANG, M. K. **Contribuição à delimitação dos biomas Pampa e Mata Atlântica no município de Santa Maria, RS**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 2, mai -ago. p. 1250-1257, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16038/pdf>>. Acesso em: 13.jun.2020

LO MONACO, P.A.V.; DE MATOS, A.T.; BRANDÃO, V. Dos S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Cybrarians Journal**, [S. l.], n. 37, p. 1–31, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.12816/0013114>>. Acesso em: 20.abr.2020

LO MONACO, P.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; JÚNIOR, A. V. L.; LIMA, J. T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 6, p. 473-480, 2009.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 428. 2002

LIM, H. S. *et al.* Comparison of filter media materials for heavy metal removal from urban stormwater runoff using biofiltration systems. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 147, p. 24–33, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.04.042>>. Acesso em: 03.jun.2020

LUCENA, G. L. *et al.* Cinética de adsorção de cobre (II) utilizando bioadsorventes. **Scientia Plena**, [s. l.], v. 8, n. 9, p. 1–6, 2012. Available at: [www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/1062/651](http://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/1062/651)

LUGO-ARIAS, J. *et al.* Evaluation of low-cost alternatives for water purification in the stilt house villages of Santa Marta's Ciénaga Grande. **Heliyon**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03062>>. Acesso em: 29.mai.2020

MACCAFERRI, DO BRASIL LTDA. **MacDrain geocomposto drenante**. 2014. Disponível em: <[http://www.macdrain.com.br/?page\\_id=375#comics](http://www.macdrain.com.br/?page_id=375#comics)>. Acesso em: 03.fev.2020

MACMILLAN, G. York University Rooftop Garden Stormwater Quantity and Quality Performance Monitoring Report. **Computer**, [S. l.], n. March, 2004.

MAGALHÃES, M. A. *et al.* Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura, Viçosa**, v. 13, n. 1, p. 26-32, 2005.

MAGALHÃES, M. A. *et al.* Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 472–478, 2006.

MAKVANA, S.; KRILOV, L. R. Escherichia coli Infections. **Pediatrics in Review**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 167–171, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1542/pir.36-4-167>

MANOLI, G., *et al.* Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. **Nature**. v. 573, p.55–60, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1512-9>.

MARONEZE, M. M. *et al.* A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. **Revista Ambiente e Agua**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 445–458, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/1980-993X>>. Acesso em: 18/02/2021

MARTINS, W. A. *et al.* Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes Reuse of agroindustrial waste banana peel for wastewater treatment. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], v. 10, n.1, p, p. 96–102, 2015. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS>

MATHEW, B. B. *et al.* Role of Bioadsorbents in Reducing Toxic Metals. **Journal of Toxicology**, [S. l.], v. 2016, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1155/2016/4369604>>. Acesso em:15.mai.2020

MATOS, A. T. *et al.* Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 544–551, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-69162007000300025>>. Acesso em: 14.abr.2020

MATOS, A. T.; DE MAGALHÃES, Marcos A.; SARMENTO, Antover P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, [S. l.], v. 30, n. 3, p. 527–537, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-69162010000300016>>. Acesso em:26.abr.2020

MAY, S. Caracterização, Tratamento E Reúso De Águas Cinzas E Aproveitamento De Águas Pluviais Em Caracterização, Tratamento E Reúso. **Tese de Doutorado**, [S. l.], p. 222, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.3.2009.tde-17082009-082126>>. Acesso em:25.abr.2021

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, [S. l.], v. 77, n. 3, p. 217–226, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010>>. Acesso em:15.mar.2020

MILLER, J. D.; HUTCHINS, M. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, [s. l.], v. 12, n. January, p. 345–362, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.06.006>

MIMURA, Ap. M.S. *et al.* Aplicação da casca de arroz na adsorção dos íons Cu<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ni<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>. **Química Nova**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 1279–1284, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0100-40422010000600012>>. Acesso em: 23.abr.2020

MONTERUSSO, M.A., *et al.* Runoff water quantity and quality from green roof systems. **Acta Hortic.** v.639, p.369–376, 2004.

MORAN, A. C. A North Carolina Field Study to Evaluate Greenroof Runoff Quantity, Runoff Quality, and Plant Growth. (Under the direction of Gregory D. Jennings and. **Hilos Tensados**, [S. l.], v. 1, p. 1–476, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>>. Acesso em: 21.abr.2020

MORGAN, S.; ALYASERI, I.; RETZLAFF, W. Suspended solids in and turbidity of runoff from green roofs. **International Journal of Phytoremediation**, [s. l.], v. 13, n. SUPPL.1, p. 179–193, 2011. Available at: <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.568547>

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, Rodrigo Braga. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1–9, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100001>>. Acesso em: 15.mar.2020

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 703–710, 1995. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)>. Acesso em: 15.abr.2020

NETO, P. de S. G. **Telhados Verdes Associados Com Sistema De Aproveitamento De Água De Chuva: Projeto De Dois Protótipos Para Futuros Estudos Sobre Esta Técnica Compensatória Em Drenagem Urbana E Prática Sustentável Na Construção Civil.** [S. l.], p. 177, 2012.

NKWONTA, O. A comparison of horizontal roughing filters and vertical roughing filters in wastewater treatment using gravel as a filter media. **International Journal of the Physical Sciences**. 5. 1240-1247. Durban, South Africa, 2010.

NOWICKI, P.; WACHOWSKA, H.; PIETRZAK, R.. Active carbons prepared by chemical activation of plum stones and their application in removal of NO<sub>2</sub>. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 181, n. 1–3, p. 1088–1094, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.05.126>

OLIVEIRA, N. T. *et al.* Tratamento de água com moringa oleífera como coagulante/floculante natural. **Revista Científica FAEMA**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 373, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.31072/rcf.v9i1.539>>. Acesso em: 12.jun.2020

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico.** 87f. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: UERJ, 2009.

OLIVEIRA, S.H. R. de. **Telhado verde: uma possibilidade sustentável natal - RN.** 2019.65f. Dissertação de mestrado. Universidade federal do rio grande do Norte. Natal, 2019.

OLIVEIRA, C. C. **Substratos para uso em telhados verdes: Avaliação da retenção hídrica e qualidade da água de escoamento Rio de Janeiro.** 2012. 117f. Mestrado (Engenharia ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia, 2012.

OLIVEIRA, P. A. V. de.; KUNZ, A.; PERDOMO, C. C. **Construção de cisternas para o armazenamento da água de chuva.** Concórdia, 2005. Disponível em: <<http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados/PlanejamentoConstruoeOperaodeCisternasparaArmazenamentodaguadaChuva.pdf>>. Acesso em: 06.jun.2020

OLSEN, A. Low technology water purification by bentonite clay and *Moringa oleifera* seed flocculation as performed in sudanese villages: effects on *Schistosoma mansoni* cercariae. **Water Research**, [S. l.], v. 21, n. 5, p. 517–522, 1987. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(87\)90059-5](https://doi.org/10.1016/0043-1354(87)90059-5)>. Acesso em: 26.abr.2020

MAGILL, J. D.; MIDDEN, K; GRONINGER, J; THERRELL, M. A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research. **Department of**

**Plant, Soil, and Agricultural Systems in the Graduate School**, [S. l.], v. Master of, n. December 2014, p. 62, 2011.

PALMEIRA, A. N. **Balço De Energia Em Telhado Verde**. [S. l.], 2016. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3883802](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3883802). Acesso em: 15.mar.2020

PALMEIRA, E. M.; TREJOS GALVIS, H. L. Opening sizes and filtration behaviour of nonwoven geotextiles under confined and partial clogging conditions. **Geosynthetics International**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 125–138, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1680/jgein.16.00021>

PASCHOALATO, C. F. P. R. *et al.* Demanda de cloro e permanganato de potássio para oxidação de substâncias húmicas e avaliação da formação de trihalometanos em água. **Anais**. Joinville: ABES, 2003.

PATERNIANI, J. E. S. *et al.* Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Engenharia Agrícola**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 803–812, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400018>>.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M.C.; SANT'ANNA, M. R. The use of Moringa oleifera seeds for treatment of surface water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 765–771, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-43662009000600015>>. Acesso em: 30.abr.2020

PESSOA, J. O. **Qualidade e quantidade de águas pluviais escoadas a partir de telhados verdes extensivos em santa maria-rs**. 2016. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

PERSCH, C. G.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G. Análise da eficiência de um telhado verde como alternativa para o controle quali-quantitativo das águas pluviais em Santa Maria-RS. In: World Water Congress, XIV. Porto de Galinhas, PE. **Anais...** Porto de Galinhas, PE: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2011

PERSCH, C. G. **Avaliação da Eficiência de um Telhado Verde no Controle Quantitativo do Escoamento Pluvial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

PERUZZO, L. C. Influência de agentes auxiliares na adsorção de corantes de efluentes da indústria têxtil em colunas de leito fixo. **Universidade Federal de Santa Catarina**, [S. l.], p. 93, 2003.

PINTO, N. O.; HERMES, L.C.; **Sistema simplificado para a melhoria da qualidade da água consumida por comunidades rurais do semi-árido do Brasil**. V Simpósio brasileiro de captação de manejo de água de chuva. Teresina, Piauí. 2005.

POLLARD, S. J. T.; THOMPSON, F. E.; MCCONNACHIE, G. L. Microporous carbons from Moringa oleifera husks for water purification in less developed countries. **Water Research**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 337–347, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)E0103](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)E0103)>. Acesso em: 1.abr.2020



PRACTICES, Best Management. **BMPs**. [S. l.: s. n.]. E-book. QUÍMICA, Instituto D. E. **Estudos aplicados ao uso da Moringa Oleifera com coagulante natural para melhoria da qualidade de águas**. [S. l.], p. 2160, 2005.

QUINTELLA, M.T. **A origem dos Telhados Verdes**. Disponível em: <<http://telhadosciativos.blogspot.com.br/2012/03/origem-dos-telhados-verdes.html>>. Acesso em: 14.fev.2020

RAMIREZ-LOPEZ, E. M. *et al.* Biofiltration of methanol in an organic biofilter using peanut shells as medium. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 101, n. 1, p. 87–91, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.064>>. Acesso em: 18.abr.2020

RAMOS, R. L *et al.* Adsorption of cadmium(II) from aqueous solution onto activated carbon. **Water Science and Technology**, v. 35, p. 205–211, Mar. 1997.

RANOTE, S.; CHAUHAN, Ghanshyam S.; JOSHI, Veena. Etherified Moringa oleifera gum as rapid and effective dye adsorbents. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 387, n. January, p. 124055, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124055>>. Acesso em: 11.mai.2020.

RAWAT, M.; SINGH, R. N. A study on the comparative review of cool roof thermal performance in various regions. **Energy and Built Environment**, [s. l.], n. October 2020, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.03.001>

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S.; KAZEMI, F. Impact of green roofs on stormwater quality in a South Australian urban environment. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 470–471, p. 651–659, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.047>>. Acesso em: 18.mai.2020

RIBEIRO, T. Associação de nanopartículas magnéticas a coagulantes Orgânicos no tratamento de efluente de lavagem de materiais plásticos. **Duke Law Journal**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. Acesso em: 26.abr.2020

RODRIGUES., A. P. . **Estudo da adsorção de íon cádmio do meio aquoso utilizando comósito magnético Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>**. 241–271, 372–373 f. 2014. [s. l.], 2014.

ROSSETI, K. A. C. *et al.* Abordagens sistêmicas dos efeitos da implantação de telhados vegetados. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**. v.4, n. 1, p 55-77. 2013.

ROSSIN, A. C. **Desinfecção**. In: **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 3a ed. v. 2, cap. 24. São Paulo: CETESB/ASCETESB; 1987.

RUAS, J.; SALVADOR, M.; AMAZONAS, L. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento**, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 1–89, 2020.

Ruthven, D. M., **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. John Wiley & Sons: 1984.

SÁ, T.S.W *et al.* Assessing rainwater quality treated via a green roof system. **Clean Techn Environ Policy** (2021). <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02144-6>

SANGHI, R.; VERMA, P. Decolorisation of aqueous dye solutions by low-cost adsorbents: A review. **Coloration Technology**, [S. l.], v. 129, n. 2, p. 85–108, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/cote.12019>>. Acesso em: 14.mar.2020

SANTANA, J.S; SANTOS, B.R; RESENDE, B. O. Utilização da casca de banana como bioissorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE -Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, [s. l.], p. 15, 2020.

SANTOS, J. M. N. dos *et al.* Alternative synthesis for ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> /chitosan magnetic particles to remove diclofenac from water by adsorption. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 131, p. 301–308, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.079>>. Acesso em:17.mar.2020

SATTAR, M. S. *et al.* Comparative efficiency of peanut shell and peanut shell biochar for removal of arsenic from water. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 26, n. 18, p. 18624–18635, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05185-z>>. Acesso em:29.mar.2020

SAVI, A.C; TAVARES, S.F. Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais na retenção de água de chuva Green roof: an analysis of vegetable species influence the rain water retention. **Revista de Arquitetura IMED** [S. l.], v. 7, p. 50–67, 2018.

SAVI, A. C. **Telhados Verdes: Análise Comparativa De Custo Com Telhados Verdes: Análise Comparativa De Custo Com.** [S. l.], p. 128, 2012.

SHAKOOR, M. B. *et al.* Exploring the arsenic removal potential of various biosorbents from water. **Environment International**, [s. l.], v. 123, n. January, p. 567–579, 2019.

SEKIGAWA, J. **Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos.** [S. l.], 2012.

SHARMA, M. *et al.* ZnO tetrapods and activated carbon based hybrid composite: Adsorbents for enhanced decontamination of hexavalent chromium from aqueous solution. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 358, p. 540–551, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.10.031>>. Acesso em: 31.mai.2020

SHARMA, P. *et al.* Removal of cadmium from aqueous system by shelled Moringa oleifera Lam. seed powder. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 97, n. 2, p. 299–305, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.034>>. Acesso em:30.mai.2020

SHIRANI, Z. *et al.* Waste Moringa oleifera seed pods as green sorbent for efficient removal of toxic aquatic pollutants. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 227, n. April, p. 95–106, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.077>

SILVA, A. P. H. da. **Caracterização e tratamento de águas pluviais visando seu aproveitamento em edificações**. 2018. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SILVA, D. T. da. **Instalação e avaliação de um telhado verde em relação à utilização das espécies *Gazania rigens* e *Kalanchoe blossfeldiana* na cidade de Santa Maria – RS**. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal, Santa Maria, 2010.

SILVA, E. A. da. et al. Avaliação da disponibilidade de água e ar em substratos agrícolas à base de turfa e casca de arroz carbonizada. **Tecnologia & Ciên. Agropecuária**. João Pessoa, v.5, n.4, p.19-23, dez. 2011.

SOTO, M. L. *et al.* Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 105, n. 1, p. 1–27, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.010>>. Acesso em: 30.abr.2020

SPANGENBERG, J. **Melhoria do clima urbano nas metrópoles tropicais: estudo de caso**. 2004. Disponível em: <[http://www.basisid.de/site2006/science/01\\_Spangenberg\\_IMPROVEMENT%20OF%20URBAN%20MICROCLIMATE%20IN%20TROPICAL%20METROPOLIS.pdf](http://www.basisid.de/site2006/science/01_Spangenberg_IMPROVEMENT%20OF%20URBAN%20MICROCLIMATE%20IN%20TROPICAL%20METROPOLIS.pdf)>. Acesso em: 15.mar.2020

SUPRIHATIN, S. *et al.* Use of biofilter as pre-treatment of polluted river water for drinking water supply. **Environmental Engineering Research**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 203–209, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.4491/eer.2016.110>>. Acesso em: 11.jun.2020

TAŞAR, Ş.; KAYA, F.; ÖZER, A. Biosorption of lead(II) ions from aqueous solution by peanut shells: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1018–1026, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.03.015>>. Acesso em: 02.jun.2020

TAŞAR, Ş.; ÖZER, A. A thermodynamic and kinetic evaluation of the adsorption of pb(ii) ions using peanut (*arachis hypogaea*) shell-based biochar from aqueous media. **Polish Journal of Environmental Studies**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 293–305, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.15244/pjoes/103027>>. Acesso em: 16.mai.2020

TASSI, R. *et al.* Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 139–154, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212014000100012>>. Acesso em: 19.mar.2020

THE AGROFORESTRY INFORMATION SERVICE. Moringa oleifera: A Perfect Tree for Home Gardens. **Agroforestry Species Highlights**, [S. l.], n. April, p. 5, 1993.

TEIXEIRA, C. A.; GHISI, E. Comparative analysis of granular and membrane filters for rainwater treatment. **Water (Switzerland)**, [s. l.], v. 11, n. 5, 2019. Available at: <https://doi.org/10.3390/w11051004>

TEIXEIRA, C. A. *et al.* Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente**

**Construído**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 135–155, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>>. Acesso em: 25.jun.2020

TEJEDOR, J. *et al.* Performance of wood chips/peanut shells biofilters used to remove organic matter from domestic wastewater. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 738, p. 139589, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139589>

TUCCI, C. E. M. Estudos Hidrologicos-Hidrodinamicos do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba. **Prosan-Suceam**. Curitiba, v.2, 1996

VACARI, T. C. **Caracterização da qualidade da água pluvial retida em módulos experimentais de telhados verdes e o seu estudo como alternativa tecnológica para redução do volume da água pluvial escoada**. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2015.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. da; SALES, M. F. L. Amendoim forrageiro cv. Belmonte: Leguminosa para a diversificação das pastagens e conservação do solo no Acre (In Portuguese). **Circular Técnica 43**, [S. l.], p. 18, 2001. Disponível em: <<http://iquiri.cpaufac.embrapa.br/pdf/cirtec43.pdf>>. Acesso em: 15.jun.2020

VAN SETERS, T. *et al.* Evaluation of green roofs for runoff retention, runoff quality, and leachability. **Water Quality Research Journal of Canada**, [S. l.], v. 44, n. 1, p. 33–47, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wqrj.2009.005>>. Acesso em: 15.mar.2020

VERMEIREM, L. & JOBLING, G.A. Localized irrigation equipment, Localized irrigation; design, installation, operation, evaluation. Rome: **FAO**, 1984. chap.3, p.85–144.

VESCHETTI, E. *et al.* Pilot-plant comparative study of peracetic acid and sodium hypochlorite wastewater disinfection. **Water Research**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 78–94, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00248-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00248-8)>. Acesso em: 18.mai.2020

VIALLE, C. *et al.* Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. **Water Research**, [S. l.], v. 45, n. 12, p. 3765–3775, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.04.029>>. Acesso em: 13.abr.2020

VIGNESHWARAN, S. *et al.* Optimization of sustainable chitosan/Moringa. oleifera as coagulant aid for the treatment of synthetic turbid water – A systemic study. **Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, [s. l.], v. 2, p. 132–140, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.encco.2020.08.002>

VIJAYARAGHAVAN, K. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 57, p. 740–752, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.119>>. Acesso em: 17.abr.2020

WANG, M. *et al.* Effect of a submerged zone and carbon source on nutrient and metal removal for stormwater by bioretention cells. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 11, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w10111629>>. Acesso em: 25.mai.2020

WARHURST, A. M.; MCCONNACHIE, G. L.; POLLARD, S. J. T. The production of activated carbon for water treatment in Malawi from the waste seed husks of *Moringa oleifera*. **Water Science and Technology**, [S. l.], v. 34, n. 11 pt 7, p. 177–184, 1996. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(96\)00836-0](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(96)00836-0)>. Acesso em: 08.abr.2020

WARTELLE, L. H.; MARSHALL, W. E. Citric acid modified agricultural by-products as copper ion adsorbents. **Advances in Environmental Research**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 1–7, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(00\)00002-2](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(00)00002-2)>. Acesso em: 18.mai.2020

WHITTINGHILL, L. J. *et al.* Stormwater performance of a full scale rooftop farm: Runoff water quality. **Ecological Engineering**, [s. l.], v. 91, p. 195–206, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.047>

WILSON, K. *et al.* Select metal adsorption by activated carbon made from peanut shells. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 97, n. 18, p. 2266–2270, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.043>>. Acesso em: 17.jun.2020

WINWARD, G. P. *et al.* Chlorine disinfection of grey water for reuse: Effect of organics and particles. **Water Research**, [s. l.], v. 42, n. 1–2, p. 483–491, 2008. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.07.042>

WITEK-KROWIAK, A.; SZAFRAN, R. G.; MODELSKI, S. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. **Desalination**, [S. l.], v. 265, n. 1–3, p. 126–134, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.07.042>>. Acesso em: 25.jun.2020

WU, Huifang *et al.* Synthesis of activated carbon from peanut shell as dye adsorbents for wastewater treatment. **Adsorption Science and Technology**, [S. l.], v. 37, n. 1–2, p. 34–48, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0263617418807856>>. Acesso em: 30.jun.2020

ZHANG, Z. *et al.* Green roof storage capacity can be more important than evapotranspiration for retention performance. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 232, n. August 2018, p. 404–412, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.070>

## APÊNDICE A

Apêndice A – Parâmetros físicos de qualidade da água da 1ª fase de tratamento (cor, sólidos dissolvidos totais, turbidez e condutividade elétrica)

Cor aparente (uC)					
	Água bruta	CA	HS	AREIA	MO
28/nov	399.4	500	310.7	500	500
03/dez	128.7	320.6	144.4	123	322.6
19/dez	242.2	500	60.4	97.6	324.6
16/jan	259.5	237.5	278.4	254.3	217.8
27/jan	337.3	322.4	178.5	253.2	328.6
28/jan	409.9	122.2	123.8	144.7	288.6
29/jan	484.8	87.2	141.8	261.7	360
30/jan	500	127	84.2	126.7	414
03/fev	500	251.1	69	250	271.6
11/fev	500	325.6	76.7	500	336.4
12/fev	500	327.7	77.1	500	184
<b>Média</b>	387.44	283.75	140.45	273.75	322.56
<b>Des. padrão</b>	129.51	138.77	85.15	157.20	86.84
<b>Mediana</b>	409.90	320.60	123.80	253.20	324.60

Sólidos dissolvidos totais (mg/L)					
	Água bruta	CA	HS	AREIA	MO
28/nov	250	1000	265	240	170
03/dez	135	206.6	136.6	140	293.3
19/dez	96	256.6	540	98.4	435
16/jan	160	246	213	210	246.5
27/jan	160	1000	2000	1000	2000
28/jan	66.67	670	1346.67	40	630
29/jan	861.67	413.3	1205	695	590
30/jan	433	541	1330	380	610
03/fev	20	310	340	270	170
11/fev	20	206.6	136.6	40	170
12/fev	861.67	1000	2000	1000	2000
<b>Média</b>	278.55	531.83	864.81	373.95	664.98
<b>Des. Padrão</b>	310.70	333.01	732.65	360.04	683.78
<b>Mediana</b>	160	413.30	540	240	435

Turbidez (uT)					
	Água bruta	CA	HS	AREIA	MO
28/nov	17.6	24.6	33.3	31.7	22
03/dez	15.2	21	14.7	13.6	20.6
19/dez	18	19.5	11.2	11.4	22
16/jan	17.1	14.4	16.5	22.6	15.2
27/jan	20.5	18.3	20	16.5	17
28/jan	27.5	10.5	11.4	15.5	13.8
29/jan	26.7	11	13.8	23.8	31.9
30/jan	34.2	11.8	12.2	15.2	30
03/fev	48.5	19.1	12.3	46	25.5
11/fev	70.6	30.7	11.2	78	30.4
12/fev	55.3	30.6	11	69.6	12.7
<b>Média</b>	31.93	19.23	15.24	31.26	21.92
<b>Des. Padrão</b>	18.43	7.18	6.60	23.31	6.87
<b>Mediana</b>	26.7	19.1	12.3	22.6	22
Condutividade elétrica (µS/cm)					
	Água bruta	CA	HS	AREIA	MO
28/nov	177.6	624.5	255	261.2	171.2
03/dez	142.4	170.6	144.9	1772.2	254
19/dez	158.8	338.3	687	69.3	426.3
16/jan	153.8	1820	2.2	486.8	2028
27/jan	165.8	1220	225	369.5	253.9
28/jan	222.7	799.8	137.1	294.2	203.6
29/jan	141.6	631.2	838.8	111	888.1
30/jan	137.7	611.8	736.9	49.35	1692
03/fev	168.2	985.7	956.3	93.34	1003
<b>Média</b>	163.18	800.21	442.58	389.65	768.90
<b>Des. Padrão</b>	26.07	494.38	358.06	539.77	692.01
<b>Mediana</b>	158.8	631.2	255	261.2	426.3

CA\*: casca de amendoim; HS\*: hipoclorito de sódio; MO\*: *Moringa oleifera*

Fonte: Autora.

## APÊNDICE B

Apêndice B – Parâmetros físicos de qualidade da água da 2ª fase de tratamento (cor, sólidos dissolvidos totais, turbidez e pH)

<b>Eventos</b>		<b>COR</b>	<b>TURBIDEZ</b>	<b>PH</b>	<b>Coliformes</b>
24/3	BRUTA	279.7	14.5	5.3	3,6 E+06
	TRATADA	57	10	7	0
5/5	BRUTA	500	29	5	1,8E+06
	TRATADA	22	14.5	6.9	0
11/5	BRUTA	275.9	24	5.6	7,1E+05
	TRATADA	32	13.9	7.1	0
22/5	BRUTA	500	89.9	5.12	2.6 E+05
	TRATADA	8.5	10.1	6.8	0
28/5	BRUTA	375	29	5.2	1,9E+05
	TRATADA	14	23	6.8	0
11/6	BRUTA	420	33	5.3	1.80E+05
	TRATADA	14.8	20	7.1	0
<b>Média</b>	Bruta	391.8	36.6	5.3	180000
	Tratada	24.7	15.3	7.0	0.0
<b>Des. Padrão</b>	Bruta	100.5	26.9	0.2	73484.7
	Tratada	17.8	5.3	0.1	0.0
<b>Mediana</b>	Bruta	397.5	29	5.25	180000
	Tratada	18.4	14.2	6.95	0

Fonte: Autora.