

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANDRESSA DE PAULA CAMPBELL FIGUEIREDO  
VICTOR RODRIGUES FREIRE**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO DO TELHADO  
VERDE EM RELAÇÃO AO TELHADO EM FIBROCIMENTO**

**Santos – SP  
Maio/2019**

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANDRESSA DE PAULA CAMPBELL FIGUEIREDO  
VICTOR RODRIGUES FREIRE**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE RETENÇÃO DO TELHADO  
VERDE EM RELAÇÃO AO TELHADO EM FIBROCIMENTO**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como exigência parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil à Faculdade de Engenharia  
da Universidade Santa Cecília, sob a  
orientação do Professor Me. Orlando Carlos  
Batista Damin.**

**Santos – SP  
Maio/2019**

Dedicamos esse trabalho aos nossos familiares que estiveram conosco ao longo desse curso, aos professores pelos conhecimentos adquiridos e dos mesmos por essa realização.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a realização desse trabalho primeiramente a nós mesmos por não desistir aos obstáculos, frustrações, aos nossos familiares, nosso orientador e todos aqueles que nos ajudaram direta e indiretamente a concluir esse trabalho e todos aqueles que tiveram a paciência em momentos de tensão e empenho.

## RESUMO

As enchentes no Brasil, causadas por ações antrópicas, ocorrem principalmente ligadas ao mau uso do espaço urbano, tais como: poluição, lixo, falta de manutenção do sistema de drenagem, dentre outros. No caso específico da cidade de Santos, a forte impermeabilização do solo, através das construções e ruas, aliadas ao pouco caimento da drenagem e altura em relação ao nível do mar agravam e tornam crônica essa questão. Os canais de drenagem, projetados pelo Engenheiro sanitaria Saturnino de Brito, apesar do trabalho visionário, acabaram não acompanhando o crescimento da cidade e sofre com a falta de manutenção do sistema. O presente trabalho tem como objetivo estudar técnicas de contenção das enxurradas localizadas na cidade de Santos, litoral de São Paulo. O método escolhido foi a utilização do protótipo do telhado verde, feito a partir de camadas que incluem a impermeabilização, drenagem, solo e vegetação extensiva e o protótipo do telhado em fibrocimento. Foi analisado os 5 dias de maiores chuvas no mês de Janeiro, utilizando seus dados de escoamento e comparando os protótipos, obteve-se os valores da eficiência, tendo o resultado que o telhado verde retarda em grandes porcentagens o escoamento, concluindo que o telhado verde pode ser uma medida a adotar para o controle das enxurradas na cidade.

**Palavras chave:** Telhado; Cobertura Verde; Chuva; Enchentes.

## **ABSTRACT**

The floods in Brazil, caused by anthropic actions, occur mainly related to the misuse of urban space, such as: pollution, garbage, lack of maintenance of the drainage system, among others. In the specific case of the city of Santos, the strong waterproofing of the soil, through the constructions and streets, allied to the low level of drainage and height in relation to sea level aggravate and make chronic this question. The drainage channels, designed by the sanitary engineer Saturnino de Brito, despite the visionary work, ended up not following the growth of the city and suffers from the lack of maintenance of the system. The present work has the objective of studying the techniques of containment of the streams located in the city of Santos, São Paulo coast. The method chosen was the use of the prototype of the green roof, made from layers that include waterproofing, drainage, soil and extensive vegetation and the prototype of the conventional asbestos roof. It was analyzed the 5 days of greater rainfall in January, using its flow data and comparing the prototypes, the values of the efficiency were obtained, with the result that the green roof slows in large percentages the flow, concluding that the green roof can be a measure to take to control the floods in the city.

**Keywords:** Roof; Green; Rain; Flood.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Aplicação do telhado verde em uma cobertura de edifício.....  | 11 |
| Figura 2 – Volume de precipitação e drenagem de águas pluviais.....      | 13 |
| Figura 3 – Drenagem de água pluvial de uma cobertura verde.....          | 14 |
| Figura 4 – escoamento do telhado verde e do telhado em fibrocimento..... | 15 |
| Figura 5 – Camadas utilizadas na cobertura verde.....                    | 16 |
| Figura 6 – Grama Esmeralda.....  | 18 |
| Figura 7 – Grama Aspargo.....  | 19 |
| Figura 8 – Grama São Carlos.....   | 19 |
| Figura 9 – Grama Bulbine.....  | 20 |
| Figura 10 – Grama Amendoim.....  | 20 |
| Figura 11 – Aplicação da argila expandida.....                           | 25 |
| Figura 12 – Aplicação da camada de substrato.....                        | 25 |
| Figura 13 – Aplicação da grama esmeralda.....                            | 26 |
| Figura 14 – Ilustração da localização do tubo.....                       | 26 |
| Figura 15 – Protótipo do telhado verde e do telhado em fibrocimento..... | 27 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade.....                                    | 22 |
| Tabela 2 – Registro do início do tempo de escoamento dos telhados.....        | 28 |
| Tabela 3 – Registro do volume escoado do telhado verde e de fibrocimento..... | 28 |
| Tabela 4 – Resultado da eficiência do telhado verde.....                      | 29 |
| Tabela 5 – Comparação do volume escoado entre os telhados estudados.....      | 30 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                           | <b>9</b>  |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....                        | 10        |
| 1.3 OBJETIVO.....                                   | 10        |
| <b>2. TELHADO VERDE.....</b>                        | <b>11</b> |
| 2.1 BENEFÍCIOS DO TELHADO VERDE.....                | 12        |
| 2.1.1 Capacidade de absorção de águas pluviais..... | 12        |
| 2.1.2 Lei complementar nº913.....                   | 16        |
| 2.2 COMPONENTES DO TELHADO VERDE.....               | 16        |
| 2.2.1 Camada impermeabilizante.....                 | 17        |
| 2.2.2 Camada drenante.....                          | 17        |
| 2.2.3 Camada filtrante.....                         | 17        |
| 2.2.4 Substrato.....                                | 18        |
| 2.2.5 Vegetação.....                                | 18        |
| <b>3. TELHA EM FIBROCIMENTO.....</b>                | <b>21</b> |
| 3.1 CALHAS.....                                     | 21        |
| 3.2 RESERVATÓRIO.....                               | 22        |
| <b>4. MATERIAIS.....</b>                            | <b>24</b> |
| 4.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....                    | 24        |
| 4.1 Construção do telhado verde.....                | 24        |
| <b>5. MÉTODOS.....</b>                              | <b>28</b> |
| 5.1 OBTENÇÃO DOS DADOS.....                         | 28        |
| <b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>               | <b>29</b> |
| <b>7. CONCLUSÃO.....</b>                            | <b>30</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                             | <b>31</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

As enchentes no Brasil ocorrem cada vez com maior frequência, devido a uma série de fatores, como exemplo a cidade de Santos onde se pode observar esses fatores.

Os canais foram projetados pelo Engenheiro sanitaria Saturnino de Brito, mas apesar de ter sido um visionário, essa infraestrutura acabou não acompanhando o crescimento da cidade; além da população que joga lixo na rua ocasionando na obstrução das bocas de lobo, que já sofrem com a falta de manutenção. Esses fatores com a soma da impermeabilização do solo impedem a drenagem da água provocando as enchentes.

O telhado verde, também chamado de cobertura verde, é um complexo construtivo definido por uma cobertura verde. É colocado em lajes ou até mesmo sobre telhados convencionais e reside em camadas de drenagem e de impermeabilização, que recebem o solo e a vegetação indicada para o projeto (MÁRCIO RIOS, 2016).

Segundo Márcio Rios (2016) Alguns dos benefícios do telhado verde são; conforto visual, conforto térmico e acústico, qualidade do ar, manejo das águas pluviais, hortas urbanas, formação microssistemas, aumento das áreas verdes.

Segundo a lei municipal complementar nº 913 de 21 de dezembro de 2015 há redução do valor do IPTU em prédios acima de 3 pavimentos, além do térreo, com valores de desconto correspondentes ao tamanho de ocupação que a cobertura verde terá em relação a área total da cobertura do imóvel.

Cerca de 75% da precipitação anual poder ser armazenada no telhado verde e o volume não consumido pelo substrato e pela vegetação pode ser utilizado como alternativa para a substituir a água na descarga de vasos sanitários, em máquinas de lavar roupa ou na rega de jardins (CÉSAR A.; RODRIGO B. apud KÖHLE, SCHMIDT, SICKERMANN, 2001).

Sendo assim, a água pluvial drenada pela cobertura verde, pode ser utilizada para fins não potáveis ou escoada lentamente já que possui um retardo de escoamento, para a água ser drenada aos poucos pelo sistema de drenagem urbana, evitando a ocorrência de enxurradas.

A escolha desse tema se deve ao fato de que nos dias de chuvas enfrentamos problemas com as ruas alagadas, sendo também um ponto importante

da cidade de Santos já que sua infraestrutura não foi planejada para a forma em que se encontra atualmente e porque telhado verde se relaciona com o meio ambiente e queremos a melhora do ambiente em que vivemos.

## 1.2 DELIMITAÇÕES DO TEMA

Neste trabalho não foi utilizado condutor vertical, pois não influencia no escoamento, também não foram utilizados os cálculos do reservatório pois as áreas do telhado verde e do telhado em fibrocimento não necessitavam do uso de reservatório.

## 1.3 OBJETIVO

Realizar estudos sobre a contribuição do telhado verde em reduzir o escoamento das águas pluviais.

## 2. TELHADO VERDE

O telhado verde mostrado na figura 1, é um sistema de construção para cobertura de edifícios ou casas, feito a partir de camadas que incluem a impermeabilização e drenagem até chegar a parte do solo e vegetação; sendo necessário ser analisado o clima do seu ambiente para receber a vegetação adequada.

Figura 1 – Aplicação do telhado verde em uma cobertura de edifício.



(Fonte: <http://www.csamararosa.com.br/saiba-mais-sobre-o-telhado-verde/>).

Segundo Plínio Tomaz (2008) a cobertura verde é aplicada para todo tipo de construções, desde prédios residenciais e comerciais até supermercados e indústrias. Geralmente são aplicados em coberturas praticamente planas com inclinação aproximadamente de 5° para permitir o escoamento não muito rápido da água. Para coberturas acima de 20° deverão ser tomadas outras providências para deter o fluxo de água como barreiras ou outras estruturas.

Existem dois tipos de vegetação; vegetação intensiva e extensiva, a vegetação escolhida poderá ser uma grama simples ou a colocação de plantas de maiores dimensões daí o termo extensivo e intensivo. Deve ser feita irrigação nos períodos de seca através de mangueira ou de sprinklers automáticos. As folhas e

lixo devem rotineiramente ser removidos. O custo de manutenção pode ser muito grande dependendo das plantas colocadas. De preferência devem ser usadas plantas nativas.

Vegetação extensiva são as maiores aplicações das coberturas verdes, cujo solo varia de 50 mm a 150 mm de espessura. A carga necessária para a estrutura varia de 80 kg/m<sup>2</sup> a 150 kg/m<sup>2</sup>, as plantas são mais baixas e escolhem-se geralmente gramas nativas, os custos variam de US\$ 400/m<sup>2</sup> a US\$ 1000/m<sup>2</sup> (PLÍNIO TOMAZ, 2008).

Vegetação intensiva serve geralmente como parque para visita de pessoas que podem passear e ver o ambiente. Neste caso o solo tem de 200 mm a 2000 mm e pode ter várias espécies de plantas e árvores. O prédio deve prever cargas que varia de 300 kg/m<sup>2</sup> a 1000 kg/m<sup>2</sup>. Os custos variam de US\$ 1000/m<sup>2</sup> a US\$ 5000/m<sup>2</sup> (PLÍNIO TOMAZ, 2008).

## 2.1 BENEFÍCIOS DO TELHADO VERDE

O telhado verde pode contribuir em diversas situações para a melhoria do ambiente e clima, como por exemplo; diminuição da superfície pavimentada, produção de oxigênio e absorção de gás carbônico, filtragem da poeira e de partículas de sujeira do ar e absorção de partículas nocivas, evita o sobreaquecimento dos tetos, redução da variação de temperatura durante o dia e a noite, diminuição da variação de umidade do ar, funcionam como isolamento térmico e absorvem a chuva, aliviando o sistema de esgoto (MINKE GERNOT, 2004).

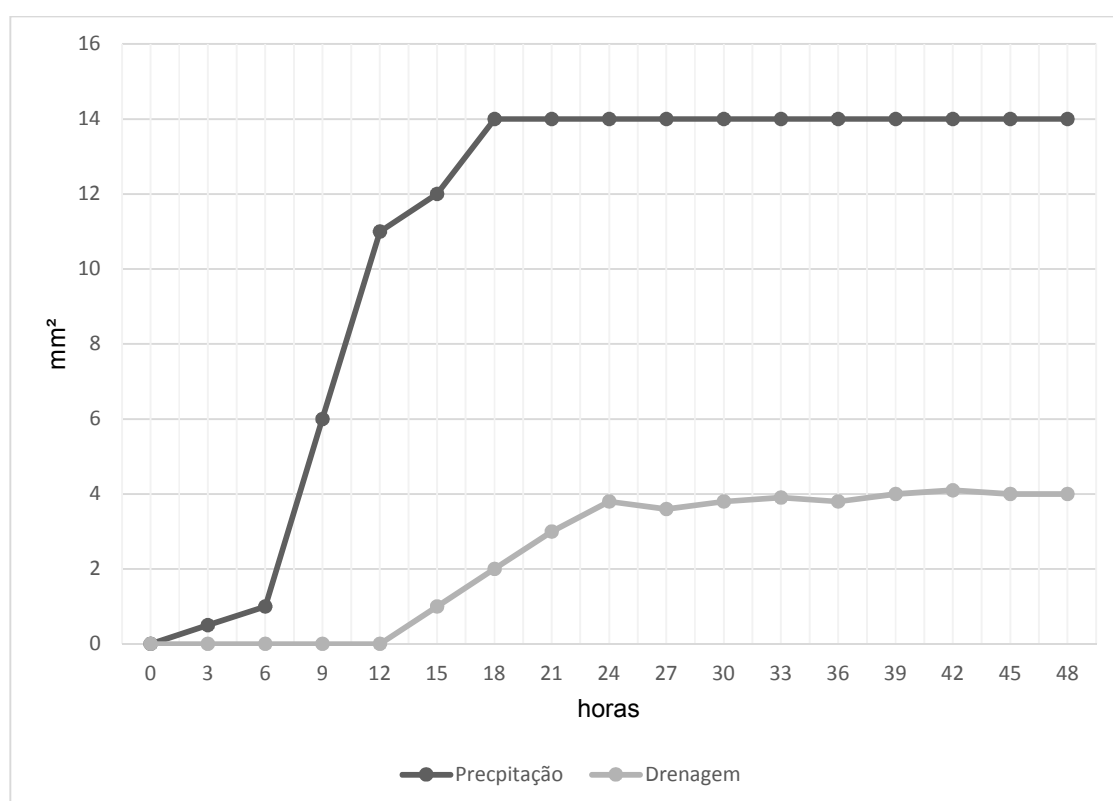
### 2.1.1 Capacidade de absorção de águas pluviais

Um telhado verde com 20 cm de substrato de solo e argila expandida pode, de acordo com Dürr (1995, p. 39), armazenar 90 mm de água (90 litros por m<sup>2</sup>). Por causa de seu poder de retenção de água, os telhados verdes levam à diminuição dos "altos picos de água". De acordo com a norma alemã DIN 1986, parte 2, o coeficiente de drenagem da água da chuva para superfícies cobertas com uma espessura mínima de 10 cm, é de 0,3. Isso significa que apenas 30% da chuva seca

e 70% é temporariamente retida no telhado verde ou evapora (MINKE GERNOT, 2004).

Medições reportadas pela Universidade de Kassel indicam que bueiro com retardado após uma chuva forte é ainda mais crucial no alívio do sistema de drenagem; em um telhado verde com 12° de inclinação e 14 cm de espessura de solo, recebendo uma chuva forte durante 18 horas, foi cronometrado um atraso de 12 horas do dreno pluvial. Terminou de drenar a chuva somente 21 horas depois de parar de chover como mostra na figura 2 (MINKE GERNOT, 2004).

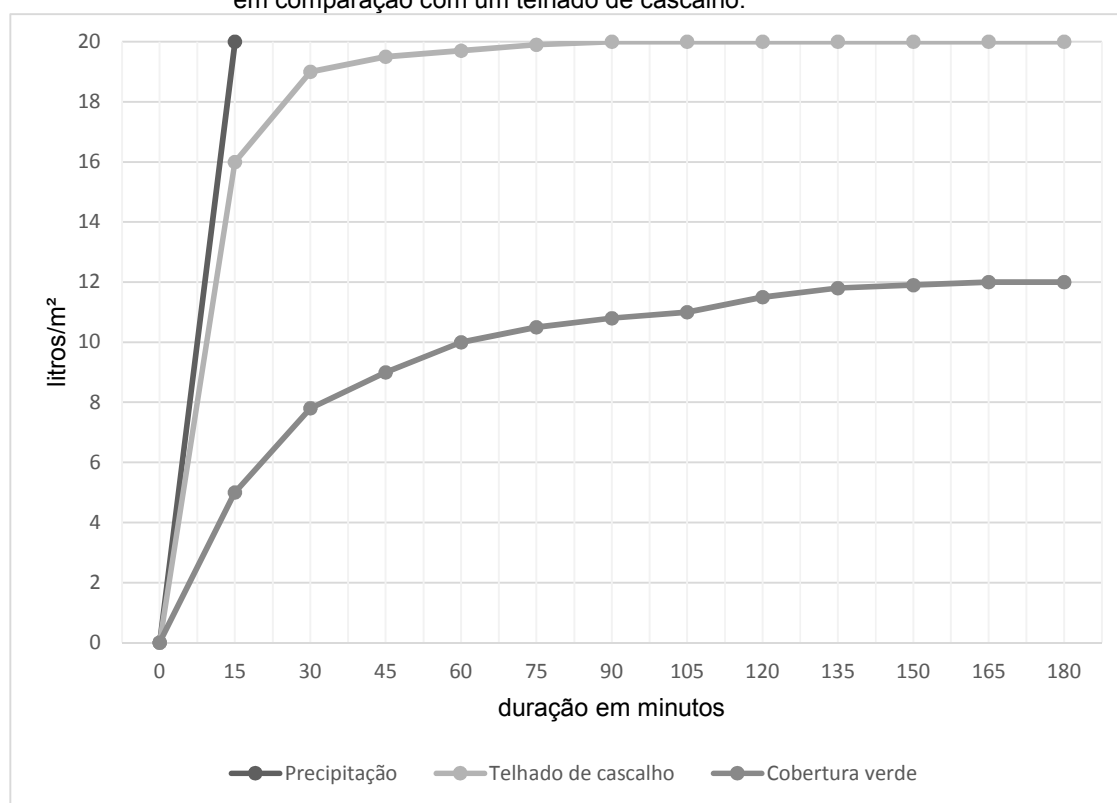
Figura 2 – Precipitação e drenagem de águas pluviais medidos em um telhado verde inclinado com uma chuva contínua de 18 horas.



(Fonte: MINKE GERNOT, 2004).

Em um teste do Instituto do Estado Bavaria foi medido em um solo com 10 cm de espessura para uma taxa de chuva de 20 l/m<sup>2</sup> em 15 minutos, ao mesmo tempo foi drenado 5 l/m<sup>2</sup> na cobertura verde e 16 l/m<sup>2</sup> em um telhado de cascalho, mostrado na figura 3.

Figura 3 – Drenagem de água pluvial de uma cobertura verde com substrato de 10 cm de espessura em comparação com um telhado de cascalho.



(Fonte: MINKE GERNOT, 2004).

Com essa pesquisa pode-se perceber que as coberturas verdes, através de seu efeito de amortecimento e retardo, aliviam consideravelmente as redes de esgoto da cidade, que devem sempre ser dimensionadas para chuvas máximas, evitando assim, as enxurradas provocadas pelas fortes chuvas quando o sistema de drenagem de águas pluviais se mostra ineficaz para o volume de água precipitado (MINKE GERNOT, 2004).

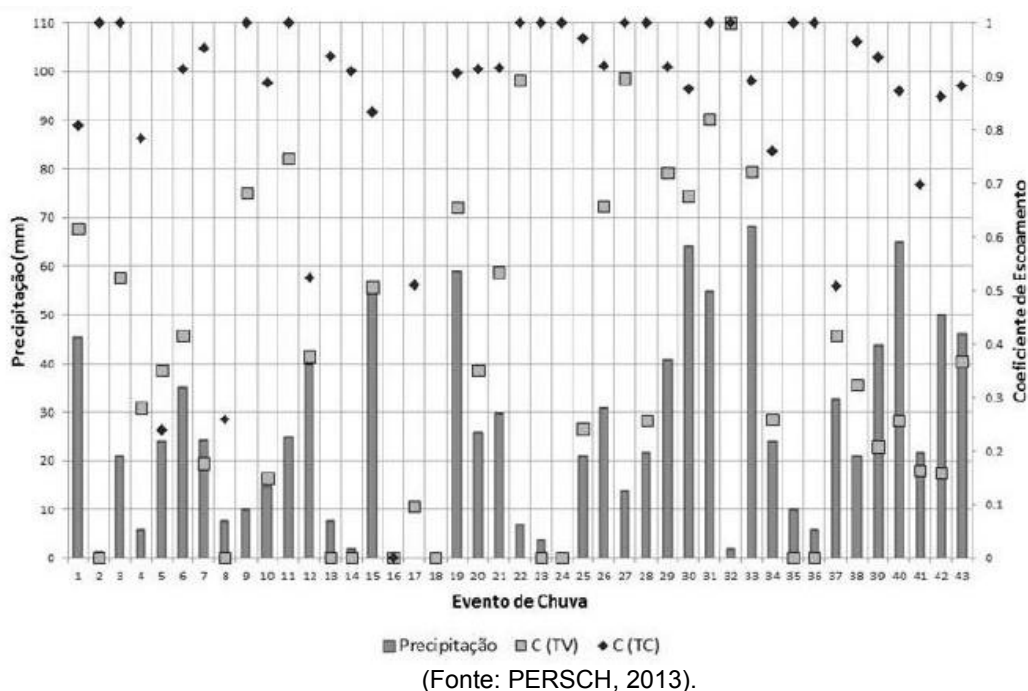
Segundo KOLB (2003) os picos de drenagem na canalização das coberturas verdes dependem da espessura do substrato e da vegetação plantada. Para um telhado com camada de substrato de 10 cm obteve um amortecimento dos picos de escoamento superficial na ordem de 75%, para outro telhado com camada de substrato de 30 cm com as mesmas condições de chuva, obteve um fator de escoamento na ordem de 98%.

A inclinação do telhado tem uma influência pequena no fator de escoamento. Em coberturas com declives de 2 a 84% os fatores de escoamento obtiveram uma

pequena variação. Os tipos de vegetação influenciam nos picos de escoamento, é mais eficaz as coberturas que utilizam apenas uma camada (KOLB, 2003).

Foi realizado um estudo em Santa Maria/RS, com monitoramento do volume de água pluvial registrados no pluviômetro e no pluviógrafo foi verificado o coeficiente de escoamento de um telhado verde e um telhado convencional como mostra na figura 4.

Figura 4 - Escoamento superficial do telhado verde e do telhado convencional.



Os resultados obtidos desse monitoramento mostram que em relação aos aspectos quantitativos, o telhado verde conseguiu reduzir significativamente o escoamento pluvial, comparando-se ao telhado convencional.

Através da figura é possível verifica o volume total precipitado de cada um dos 43 eventos analisados e o coeficiente de escoamento (C). O coeficiente de escoamento do telhado verde permaneceu abaixo do coeficiente do telhado convencional em todos os eventos e para alguns deles (2, 8, 13, 14, 18, 23, 35, e 36) o telhado verde foi capas de armazenar todo o volume precipitado (C=0). 38% em média do volume total de precipitado de chuva que incidiu sobre o telhado verde gerou em escoamento, contra 87% do telhado convencional (PERSCH, 2013).

### 2.1.2 Lei complementar nº913

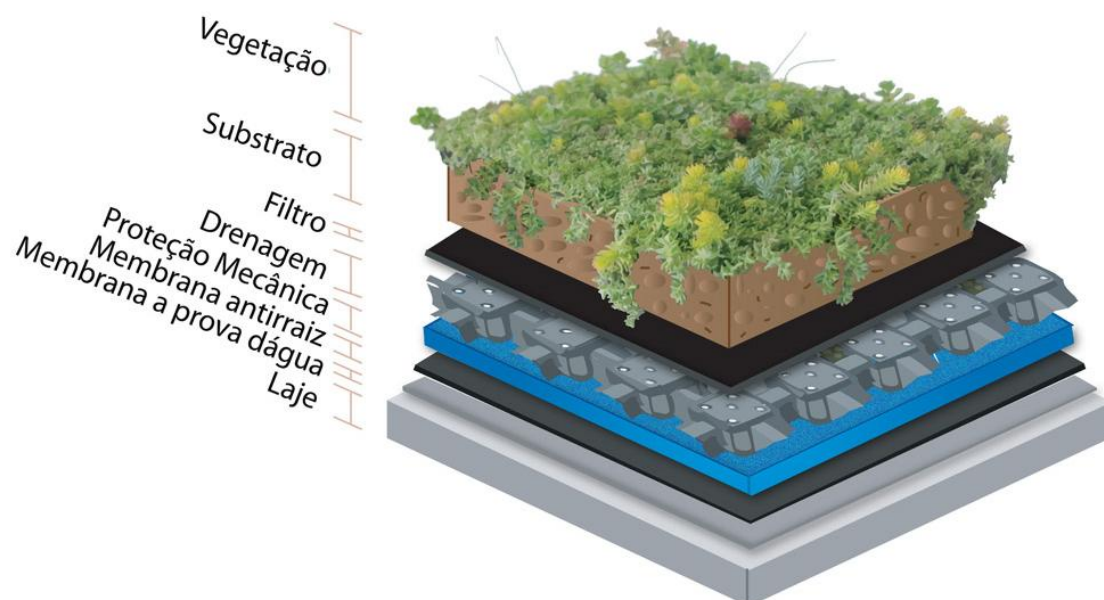
“Art. 1º. Fica concedido incentivo fiscal aos edifícios com 3 (três) ou mais pavimentos, além do térreo, que implantarem “Coberturas Verdes” (SANTOS, 2015).

A lei complementar utiliza de porcentagens para o tamanho da sua cobertura em relação a área com vegetação. Coberturas com no mínimo 80% de vegetação tem redução de 10% (dez por cento) em seu Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU; 60% de vegetação tem 7,5% (sete e meio por cento) em seu Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU; 50% de vegetação tem 5% (cinco por cento) em seu Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU.

### 2.2 COMPONENTES DO TELHADO VERDE

A construção do telhado verde pode variar em relação aos materiais utilizados nas camadas; sua típica aplicação pode ser feita diretamente sobre a laje, como mostra na figura 5.

Figura 5 – Camadas utilizadas na cobertura verde.



(Fonte <http://blogdosengenheiros.com.br/telhados-verdes-uma-boa-opcao/green-roof-layers/>).

### **2.2.1 Camada impermeabilizante**

Normalmente feita com mantas sintéticas, ela protege a laje contra infiltrações, podendo ser usado;

- a) Manta asfáltica: Sua fabricação é feita partir de asfaltos modificados armados com filme de polietileno, filme de poliéster, borracha butílica ou PVC plastificado. Possui grande resistência à tração, a furos e rasgamentos. Revestimento plástico que impermeabiliza lajes, coberturas e contrapisos. Pode ser aplicada diretamente sobre o solo para evitar erosão.
- b) lona de PVC: as lonas geralmente são uma combinação de um laminado de PVC na superfície e de uma tela de reforço na parte de trás ou no meio.

### **2.2.2 Camada drenante**

Serve para drenar a água e também como filtro. Pode ser feita de brita, seixos, argila expandida ou com mantas drenantes de poliestireno;

- a) brita: é um material classificado como agregado de origem artificial, de tamanho graúdo. Vem da pedra basalto de origem ígnea ou magmática.
- b) seixos: fragmento de rocha de diâmetro variável, transportado pela água, que lhe arredonda as arestas; cascalho.
- c) argila expandida: argila expandida é um material cerâmico leve com um núcleo alveolar produzido pela queima de argila natural a temperaturas de 1100 - 1200 ° C em um forno rotativo.

### **2.2.3 Camada filtrante**

Serve para reter partículas e pode ser feita com um geotêxtil;

- a) manta geotêxtil: é um não tecido permeável que quando associado com o solo, tem a capacidade de drenar, filtrar, separar, reforçar e proteger. É utilizada principalmente para proteção e reforço de materiais, para evitar danos no solo e promover melhorias em suas propriedades.

- b) Membrana de proteção contra raízes: inibe a penetração de raízes em estruturas de concreto, alvenaria e argamassa, sendo também utilizado mantas geotêxteis.

#### 2.2.4 Substrato

Para termos um solo de qualidade, ele deve ter as composições de Nitrogênio, Fosforo e Potássio, para garantir uma vegetação saudável, variando a quantidade de cada um desses elementos dependendo de cada tipo de vegetação.

#### 2.2.5 Vegetação

Podem ser utilizados vários tipos de vegetação, de gramas até árvores. Abaixo exemplos de vegetação rasteira:

Grama esmeralda, seu nome científico é *Zoysia Japonicasprengeri*, necessita de sol pleno. Demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Grama esmeralda.



(Fonte: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/plantas-2/>).

Grama aspargo, seu nome científico é *Asparagus Densiflorus Sprengeri*, sobrevive a meia sombra. Demonstrado na figura 7.

Figura 7 – Grama aspargo.



(Fonte: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/plantas-2/>).

Grama São Carlos, seu nome científico é *Axonopus Compressus*, consegue sobreviver em meia sombra e sol pleno. Demonstrado na figura 8.

Figura 8 – Grama são carlos.



(Fonte: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/plantas-2/>).

Grama bulbine seu nome científico é *Bulbine Frutescens*, consegue sobreviver em meia sombra e sol pleno. Demonstrado na figura 9.

Figura 9 – Grama bulbine.



(Fonte: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/plantas-2/>).

Gramma-amendoim, seu nome científico é *Arachis Repens* consegue sobreviver em meia sombra e sol pleno. Demonstrado na figura 10.

Figura 10 – Gramma-amendoim.



(Fonte: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/plantas-2/>).

### 3. TELHA EM FIBROCIMENTO

A telha em fibrocimento é fabricada com fibras sintéticas ou amianto, em comparação com as telhas cerâmicas a telha em fibrocimento se apresenta como mais leve e pode vencer vãos de até 6,5 m sem que seja necessária a utilização de apoios intermediários e de madeiramento, sendo mais econômica. Podendo ser utilizada tanto em fechamentos laterais de projetos residenciais, comerciais ou industriais, para estanqueidade e vedação quanto em coberturas. Sendo comercializados em diferentes formatos, espessuras, tamanhos e ondulações.

#### 3.1 CALHAS

Podem ser utilizados vários tipos de calhas, como as feitas de chapas de aço galvanizado (NBR 7005, 1981; NBR 6663, 1983), folhas de flandres (NBR 6647, 1981), chapas de cobre (NBR 6184, 1980), alumínio, fibrocimento, PVC rígido, aço inoxidável, concreto, fibra de vidro ou alvenaria.

A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada na equação 1, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times \sqrt[3]{RH^2} \times \sqrt{i} \quad (1)$$

Onde:

- Q é a Vazão de projeto, em l/min;
- S é a área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;
- n é o coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 1);
- R é o raio hidráulico, em m;
- P é o perímetro molhado, em m;
- i é a declividade da calha, em m/m;
- K é 60000 (um coeficiente para transformar a vazão em m<sup>3</sup>/s para l/min).

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade.

| Material   | n     |
|--|-------|
| plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos     | 0,011 |
| ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012 |
| cerâmica, concreto não-alisado                       | 0,013 |
| alvenaria de tijolos não-revestida                   | 0,015 |

(Fonte: ABNT NBR 10844, 1989).

### 3.2 RESERVATÓRIO

Os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217, 1994 e precisa conter no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Precisa ser minimizado o turbilhonamento, impedindo a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água deve ser feita próxima à superfície. É recomendável que a retirada seja feita a 15 cm da superfície. O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela equação 2. Um valor prático quando não se tem os dados é adotar  $C \times \eta = 0,80$ :

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (2)$$

Onde:

- V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;
- P é a precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;
- A é a área de coleta, em metros quadrados;
- C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, normalmente  $C=0,95$ ;
- $\eta$  é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

No anexo A da NBR15527, 2007 é descrito diversos métodos para o cálculo do volume do reservatório, que fica a critério do projetista escolher, desde que devidamente justificado.

## **4. MATERIAIS**

### **4.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO**

Foram construídos dois protótipos; um telhado comum com telha em fibrocimento e outro de telhado verde para análise do escoamento e da vazão, seguindo o modelo estudado nesse trabalho. Os materiais utilizados foram;

- a) Caixote de madeira com área de 0,55 m<sup>2</sup>.
- b) Manta asfáltica.
- c) Argila expandida.
- d) Manta geotextil.
- e) Substrato.
- f) Grama esmeralda.
- g) Tubo com 10 mm de diâmetro.
- h) Cronometro digital.
- i) Celular para capturar as imagens.
- j) Telha em fibrocimento com área de 0,55 m<sup>2</sup>.
- k) Calha de 100 mm de diâmetro.
- l) Galão de 3l.
- m) Cola de silicone.

#### **4.1.1 Construção do telhado verde**

Primeiro foi iniciado a impermeabilização do caixote que tem 1m x 0,55m de dimensão com a aplicação da manta asfáltica e em seguida foi posta a argila expandida para realizar a drenagem da água como mostrado na figura 11.

Figura 11 – Aplicação da argila expandida.



(Fonte: acervo do autor, 2019).

Depois de colocar a manta geotêxtil como uma camada filtrante e em seguida foi colado uma camada de substrato com 5 cm de espessura, como mostrado na figura 12.

Figura 12 – Aplicação da camada de substrato.



(Fonte: acervo do autor, 2019).

Após ser colocada a camada de substrato foi feito a aplicação da grama esmeralda *Zoysia japônica* da família *Poaceae*, como mostrado na figura 13.

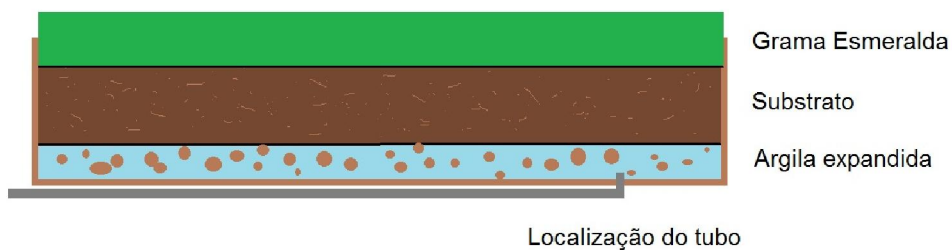
Figura 13 – Aplicação da grama esmeralda.



(Fonte: acervo do autor, 2019).

Com telhado verde pronto foi inserido um tubo para servir como dreno, posicionada na parte inferior do caixote, ilustrado na figura 14.

Figura 14 – Ilustração da localização do tubo.



(Fonte: acervo do autor, 2019).

Com o protótipo do telhado verde pronto, foi posto ao lado o protótipo do telhado em fibrocimento, para realizar os estudos, mostrado na figura 15.

Figura 15 – protótipo do telhado verde e em fibrocimento.



(Fonte: acervo do autor, 2019).

## 5. MÉTODOS

### 5.1 OBTENÇÃO DOS DADOS

Utilizando um cronômetro digital para marcar o tempo de duração das chuvas, o estudo foi realizado no mês de janeiro, os dados foram anotados em uma planilha de controle sendo selecionado os 5 dias com os maiores volumes de chuva no mês. Para saber o volume de água escoado foi usado um galão de 3 litros, ligados pelos tubos que ficaram localizados na parte inferior dos painéis, devidamente vedados com cola de silicone, para evitar perda de água.

As chuvas analisadas e o atraso no escoamento entre o protótipo contendo o telhado verde em relação ao protótipo de telhado em fibrocimento estão representados na tabela 2 e 3. Sendo na tabela 2 utilizado a unidade de medida hora por minuto, sendo TV o telhado verde e TF o telhado em fibrocimento e na tabela 3 a unidade utilizada é em litros.

Tabela 2 – Registro do início do tempo de escoamento do telhado verde e do telhado em fibrocimento.

| Dias selecionados | Início da chuva | Fim da chuva | Escoamento TF | Escoamento TV | Diferença entre TF e TV |
|-------------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|-------------------------|
| 05/01/2019        | 12:45           | 14:04        | 12:48         | 13:22         | 00:34                   |
| 06/01/2019        | 09:26           | 09:42        | 09:27         | 09:57         | 00:30                   |
| 20/01/2019        | 18:14           | 22:30        | 18:17         | 18:31         | 00:14                   |
| 21/01/2019        | 08:56           | 09:43        | 08:58         | 09:19         | 00:21                   |
| 26/01/2019        | 15:06           | 16:13        | 15:09         | 15:40         | 00:31                   |

(Fonte: acervo do autor, 2019).

Tabela 3 – Registro do volume escoado do telado verde e do telhado em fibrocimento.

| Dias selecionados | Vol. Escoado no TF | Vol. Escoado no TV | Diferença entre TF e TV |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 05/01/2019        | 1,92 Litros        | 0,00 Litros        | 1,92 Litros             |
| 06/01/2019        | 0,99 Litros        | 0,04 Litros        | 0,95 Litros             |
| 20/01/2019        | 0,94 Litros        | 0,11 Litros        | 0,83 Litros             |
| 21/01/2019        | 7,15 Litros        | 3,24 Litros        | 3,91 Litros             |
| 26/01/2019        | 5,01 Litros        | 1,48 Litros        | 3,53 Litros             |

(Fonte: acervo do autor, 2019).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se constatar que o telhado verde conseguiu retardar o escoamento de água consideravelmente comparando-se com o telhado em fibrocimento. Com esses dados obtidos na tabela 4, se pode analisar a eficiência do telhado verde em reduzir o escoamento.

Tabela 4 – Resultado da eficiência do telhado verde.

| Dias selecionados | Eficiência do Telhado Verde |
|-------------------|-----------------------------|
| 05/01/2019        | 100,00%                     |
| 06/01/2019        | 95,96%                      |
| 20/01/2019        | 88,30%                      |
| 21/01/2019        | 55,00%                      |
| 26/01/2019        | 70,46%                      |

(Fonte: acervo do autor, 2019).

A grande variação percentual de absorção se deve à camada de substrato do telhado verde, que tem a capacidade de absorver a água pluvial retendo essa água que é liberada quando o substrato chega ao seu limite de absorção, sendo capaz de absorver todo o volume de água em alguns casos, como no dia 05/01/2019.

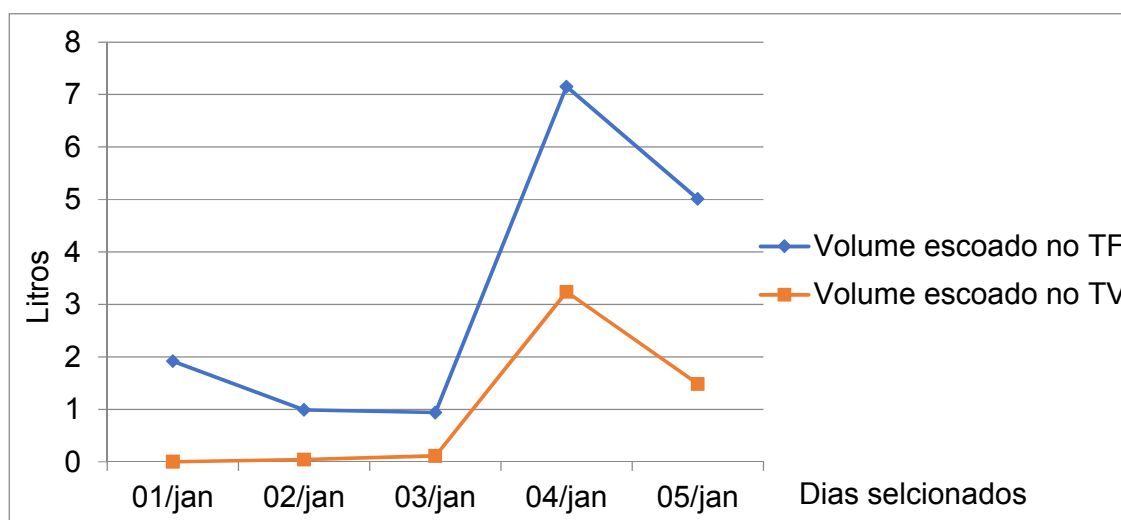
Durante a análise constatou-se um fator que influenciava na retenção de água que é a umidade do substrato. No primeiro dia de estudo o solo encontrava-se seco, consequentemente sua absorção foi total; no segundo dia houve uma queda na retenção, pelo fato do substrato já estar úmido devido à chuva anterior; no terceiro dia de estudo o substrato estava úmido também; quarto dia o substrato estava saturado, tendo uma variação grande em comparação ao primeiro dia; quinto dia o substrato estava úmido, porém sua retenção foi boa.

## 7. CONCLUSÃO

No resultado encontrado demonstrado na tabela 5, foi concluído que os telhados verdes podem ser eficientes em diminuir o volume pluvial acumulado, podendo ser uma medida eficaz no controle das enchentes urbanas e até para projetos de drenagem, pois eles conseguem retardar o escoamento das águas pluviais fazendo-se de extrema utilidade quando os bueiros estão operando em sua vazão máxima. Mostrando que ao se comparar o telhado verde com o telhado em fibrocimento, o telhado verde tem uma eficiência de retenção em pelo menos 55%.

Para trabalhos futuros seria interessante o estudo do nível de retenção de água do telhado verde, através de uma análise detalhada do comportamento do substrato quando se está seco e saturado.

Tabela 5 – Comparação do volume escoado entre o telhado verde e o telhado em fibrocimento.



(Fonte: acervo do autor, 2019).

## REFERÊNCIAS

AECWEB. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/guia/p/telhas-de-fibrocimento\\_4\\_138\\_826\\_1\\_0](https://www.aecweb.com.br/guia/p/telhas-de-fibrocimento_4_138_826_1_0)>. Acesso em: 15 maio 2019.

ALMEIDA, MARIA C. **Cobertura Verde**. 2008. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844** informação e documentação: citações em documentos: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527** informação e documentação: citações em documentos: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

CÉSAR A.; RODRIGO B. **Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro.

CERÂMICA SANTO ANTÔNIO. Disponível em: <<http://www.csamararosa.com.br/saiba-mais-sobre-o-telhado-verde>>. Acesso em: 8 de agosto 2018.

CIDADE E CULTURA. Disponível em: <<http://www.cidadeecultura.com/canais-de-santos>>. Acesso em: 13 setembro 2018.

CLIMATEMPO. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/540/santos-sp>>. Acesso em: 22 de novembro 2018.

COMO MONTAR UM TELHADO VERDE, 2007. Disponível em: <<https://engheironaweb.com/2017/07/29/como-montar-um-telhado-verde/>>. Acesso em: 23 out. 2018.

FERTIPLUS. Disponível em: <<https://pt.fermofeed.com/produtos/substratos/substrato-para-telhados-verdes>>. Acesso em: 23 novembro de 2018.

KOLB, G. “**Telhados de cobertura verde e manejo de águas pluviais**”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, v.4, 2003. Juazeiro.

MARCIO RIOS. TELHADO VERDE - Uma estratégia para as cidades sustentáveis. Disponível em:

<[http://www.confea.org.br/media/Palestra\\_SOEA\\_TelhadoVerde\\_MarcioRios\\_310816.pdf](http://www.confea.org.br/media/Palestra_SOEA_TelhadoVerde_MarcioRios_310816.pdf)>. Acesso em: 13 setembro 2018.

MINKE GERNOT. **Tecttos verdes**: Planificación, ejecución, consejos prácticos. Tradução Denize Eniz Lagiotta, Montevideo, Uruguai: Fin de Siglo, 2004.

PERSCH, C.G.; TASSI, R.; ALLASIA, D. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. In: SIMPÓSIO DE HIDRAULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LINGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2014, Santa Maria/RS. **Anais eletrônicos**. Santa Maria/RS, 2014.

PLINIO TOMAZ. **Curso de Manejo de águas pluviais**. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo51\\_telhado\\_verde.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo51_telhado_verde.pdf)>. Acesso em: MAR/2019.

SANTOS. LEI COMPLEMENTAR Nº 913, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2015. **Concede incentivo fiscal à implantação de “coberturas verdes” nos edifícios do município, e dá outras providências**, Santos/SP. dezembro 2015. Disponível em: <<https://egov.santos.sp.gov.br/legis/document/?code=5727>>. Acesso em: 31 de agosto 2018.