

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANDRESSA JORDANA ABREU VIANA
RICARDO AUGUSTO DA SILVA ARRUDA**

**A EFICÁCIA DO TELHADO VERDE NA REDUÇÃO E
RETARDO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.**

PUBLICAÇÃO Nº: 20

**GOIANÉSIA / GO
2017**

FACEG/ENC

**ANDRESSA JORDANA ABREU VIANA
RICARDO AUGUSTO DA SILVA ARRUDA**

2017/2

**ANDRESSA JORDANA ABREU VIANA
RICARDO AUGUSTO DA SILVA ARRUDA**

**A EFICÁCIA DO TELHADO VERDE NA REDUÇÃO E
RETARDO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.**

PUBLICAÇÃO Nº: 20

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE
EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA**

ORIENTADOR: ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX

**GOIANÉSIA/GO
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

ABREU VIANA, ANDRESSA JORDANA. DA SILVA ARRUDA, RICARDO AUGUSTO.

A Eficácia do Telhado Verde na Redução e Retardo do Escoamento Superficial 2017

54P, 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Meio Ambiente

2. Cobertura Verde

3. Escoamento

I. ENC/FACEG

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU VIANA, A. J; DA SILVA ARRUDA, R. A. A Eficácia do Telhado Verde na Redução e Retardo do Escoamento Superficial. TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 54p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Andressa Jordana Abreu Viana e Ricardo Augusto da Silva Arruda

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: A Eficácia do Telhado Verde na Redução e Retardo do Escoamento Superficial.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Andressa Jordana Abreu Viana

E-mail: andressagsia@hotmail.com

Ricardo Augusto da Silva Arruda

E-mail: richardo1990@gmail.com

**ANDRESSA JORDANA ABREU VIANA
RICARDO AUGUSTO DA SILVA ARRUDA**

**A EFICÁCIA DO TELHADO VERDE NA REDUÇÃO E
RETARDO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL**

APROVADO POR:

**ROBSON DE OLIVEIRA FÉLIX, Especialista (FACEG)
(ORIENTADOR)**

**WELINTON ROSA DA SILVA, Especialista (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**IGOR CEZAR SILVA BRAGA, Mestre (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 7 de dezembro de 2017.

“Plante o que der na telha.”
(Autor desconhecido)

RESUMO

O crescimento da urbanização trouxe alguns problemas para o meio ambiente, como por exemplo, as enxentes, tudo isso devido à impermeabilização do solo, visto que impede o solo de absorver a água da chuva, por isso o telhado verde tem sido uma boa opção para ajudar a minimizar esses problemas, pois o poder de absorção do telhado irá ajudar a diminuir o volume de água pluvial escoado para o sistema de escoamento urbano, e também irá promover um retardo desse escoamento, que no telhado convencional é praticamente imediato. Contudo há uma série de cuidados que se deve ter para implantar um telhado verde, visto que é necessário um estudo para verificar se o edifício existente suporta o peso extra que o telhado trás, principalmente devido o solo e também da água que fica retida no telhado. Este trabalho aborda uma pesquisa experimental na cidade de Goianésia - Goiás, onde possui um clima tropical com temperatura média entre 22.8°C e 25.6 °C, e a média de precipitação de 1502 mm por ano, executando protótipos, que simularão a princípio um telhado convencional e um telhado verde com todas as suas camadas básicas. Foi utilizado nos dois telhados, um sistema de captação de água para obtenção dos resultados relacionados ao retardo do escoamento da água pluvial, buscando fazer um comparativo entre os dois tipos de telhado, comprovando a eficácia do telhado verde nessa diminuição do escoamento superficial, notou-se uma diferença significativa na redução do volume final escoado, chegando a aproximadamente 60% de redução do escoamento, no telhado seco. Fator que contribui diretamente para a minimização de problemas, tais como enchentes e alagamentos nos grandes centros urbanos.

Palavras-chave: meio ambiente. cobertura verde. escoamento.

ABSTRACT

The growth of urbanization has brought some problems for the environment, for example, the glaciers, all due to the waterproofing of the soil, since it prevents the soil from absorbing rainwater, so the green roof has been a good option for help minimize these problems because the roof's absorption power will help to decrease the volume of stormwater drained to the urban drainage system, and will also promote a delay of that drainage, which on the conventional roof is virtually immediate. However, there is a lot of care to be taken to install a green roof, since a study is needed to verify if the existing building supports the extra weight that the roof brings, mainly due to the soil and also the water that is trapped in the roof. This abstract covers an experimental research project in the city of Goianésia - Goiás, where it has a tropical climate with a mean temperature between 22.8 ° C and 25.6 ° C, and average precipitation of 1502 mm per year, executing prototypes, which will simulate the principle a conventional roof and a green roof with all basic layers. A water catchment system was used to obtain the results related to the delay of the rainwater runoff, seeking a comparison between the two types of roof, proving the effectiveness of the green roof in this reduced runoff, it was observed a significant difference in the reduction of the final volume drained, reaching approximately 60% reduction of flow, in the dry roof. Factor that contributes directly to the minimization of problems, such as floods and floods in large urban centers.

Keywords: environment. green roof. runoff.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de precipitação no município de Goiânia –GO.	11
Figura 2 – Camadas que compõe o telhado verde.	15
Figura 3 – Telhado Extensivo.	22
Figura 4 – Telhado semi-intensivo.	23
Figura 5 – Telhado Intensivo.	24
Figura 6 – Telhado Intensivo.	24
Figura 7 – Telhado City Hall de Chicago.	25
Figura 8 – Aplicação de módulos em telhado verde.	26
Figura 9 – Aplicação do sistema flat na instalação do telhado verde.	27
Figura 10 – Prefeitura de Toronto.	28
Figura 11 – Gráfico da cidade de Toronto após a exigência da cidade.	29
Figura 12 – universidade de Singapura.	30
Figura 13 – Prefeitura de Chicago (EUA).	31
Figura 14 – Millenium Park em Chicago (EUA).	31
Figura 15 – McDonald’s na cidade de Singapura.	32
Figura 16 – Telhado verde na Avenida Faria Lima com espécies da Mata Atlântica.	33
Figura 17 – Telhado Verde no Edifício Ana Costa, em Santos.	34
Figura 18 – Estrutura do telhado convencional com a telha de zinco	37
Figura 19 – Telhado convencional pronto com o sistema de captação da água	38
Figura 20 – Estrutura do telhado verde	38
Figura 22 – Estrutura do telhado verde com a manta bidin	39
Figura 23 – Estrutura do telhado verde com substrato	40
Figura 24 – Estrutura do telhado verde pronta	40
Figura 25 – Irrigação do telhado verde	41
Figura 26 – Protótipo do telhado verde completo.	41
Figura 27 – Materiais utilizados para construir o sistema	42
Figura 28 – Tubos de PVC de 20mm para o sistema	43
Figura 29 – Corte dos tubos	43
Figura 30 – Sistema simulador de precipitação	44
Figura 31 – Tê roscável para encaixe do adaptador	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Resultados do experimento com telhado seco	46
Gráfico 02 – Resultados do experimento com telhado semi-saturado	47
Gráfico 03 – Resultados do experimento com telhado saturado	48
Gráfico 04 – Volume total escoado.	48
ANEXO A	54

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

IGRA	International Green Roof Association
UV	Ultra-violeta
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
SBS	Estireno-Butadieno-Estireno
PVC	Polyvinyl Chloride (Policloreto de Vinila)
SBS	Estireno-Butadieno-Estireno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	JUSTIFICATIVA	13
3	OBJETIVOS.....	14
3.1	Objetivo geral.....	14
3.2	Objetivos específicos	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1	Telhado verde.....	15
4.2	Composição básica.....	15
4.2.1	Membrana à prova d'água.....	16
4.2.2	Barreiras contra raízes	16
4.2.3	Sistema de drenagem.....	16
4.2.4	Tecido permeável	17
4.2.5	Terra	17
4.2.6	Vegetação	17
4.3	Benefícios.....	18
4.3.1	Benefícios Privados	18
4.3.2	Benefícios Públicos	19
4.4	Tipos de telhado verde	21
4.4.1	Telhados Extensivos.....	21
4.4.2	Telhados Semi-intensivos.....	22
4.4.3	Telhados Intensivos	23
4.5	Classificação dos telhados verdes	25
4.6	Sistemas de aplicação do telhado verde.....	25
4.6.1	Sistema modular	25
4.6.2	Sistema Flat	26
4.7	Exemplos de edificações que utilizam telhado verde	27
4.8	Escoamento superficial	34
4.9	Drenagem urbana	35
5	METODOLOGIA.....	36
5.1	Montagem do Experimento.....	37
5.1.1	Telhado convencional.....	37
5.1.2	Telhado verde	38

5.1.3	Sistema simulador de precipitação	42
5.2	Execução do experimento	45
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
7	CONCLUSÃO.....	49
8	BIBLIOGRAFIA	51

1 INTRODUÇÃO

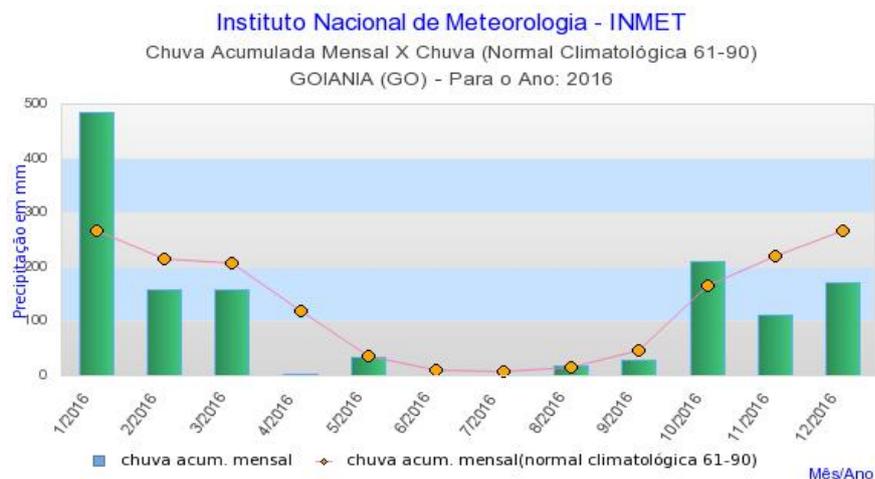
Sabe-se que a indústria da construção civil vem crescendo cada dia mais, causando com isso alguns impactos ambientais, como a impermeabilização dos grandes centros urbanos que tem sido um problema bastante discutido, visto que impede o solo de absorver a água pluvial, podendo causar assim inúmeras inundações. Para minimizar esses impactos, o telhado verde pode ser método eficiente devido sua capacidade de absorver e captar águas pluviais, que além de ajudar a resolver problemas de escoamento, ainda permite a reutilização da água captada.

De acordo com Townshend (2007), a cobertura verde consiste na criação de um espaço vegetativo integrado em uma estrutura feita pelo homem, ou seja, a integração da estrutura de contenção da vegetação com a estrutura do telhado do edifício. Existem dois tipos básicos de sistema de telhado verde, identificado como intensivo e extensivo, além da classificação como acessível ou inacessível.

Contudo, para se implantar um telhado verde é necessário analisar a estrutura do edifício existente, visto que o telhado verde promove um peso extra de sua própria estrutura de vegetação e solo como também da água que ficará retida na vegetação e solo saturado. Além dos cuidados que se deve ter na escolha do tipo de plantas que irão ser cultivadas, para que resistam ao clima que serão expostas.

O Brasil é um país com muita chuva, existem lugares como na cidade de Goiânia que o índice de precipitação chegou a quase 500 mm/mês, no ano de 2016 tendo uma média anual de aproximadamente 100 mm/mês (INMET, Instituto Nacional de Meteorologia).

Figura 1 – Índice de precipitação no município de Goiânia –GO.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia INMET, 2017.

O fator primordial da análise, é que muitas vezes não sabemos aproveitar esse tipo de recurso, e uma das maneiras de evitar o desperdício seria utilizando um sistema de aproveitamento de água, que é gratuita e nem sempre é utilizada, no Brasil principalmente, porém, em alguns países são dados subsídios para essas instalações, como é o caso da Alemanha, por exemplo, fazendo com que exista uma quantidade significativa de sistema individual de coleta de água da chuva, proporcionando em geral, um aproveitamento em edificações que pode chegar a 50% do consumo para fins não potáveis (NUNES, 2015).

O aproveitamento de água da chuva consiste basicamente em coletar água que cai sobre os telhados das casas e armazená-las em reservatórios para o uso futuro. O armazenamento de águas pluviais pode ser visto como um meio de evitar enchentes em grandes centros urbanos, além de resultar em economia de água potável. (DUDZEVCH, 2009).

2 JUSTIFICATIVA

O crescimento das áreas urbanas tem trazido diversos problemas relacionados ao meio ambiente, como as ilhas de calor, poluição sonora, impermeabilização do solo, poluição atmosférica e redução das áreas verdes e paisagens. Uma solução eficiente para resolver esses problemas é a implantação de uma cobertura verde, que ainda ajuda a suavizar a paisagem dos grandes centros urbanos. Este trabalho vem para mostrar as vantagens posteriores que este tipo de investimento pode trazer, tanto ambientalmente como economicamente.

Historicamente os primeiros relatos de interesse na implantação de telhados verdes ocorreram por volta dos anos 50 no norte da Europa, particularmente na Alemanha, Suíça, Áustria e Escandinávia. Este interesse deve-se principalmente às preocupações crescentes quanto à degradação do ambiente urbano e o rápido declínio do espaço verde em áreas intensamente desenvolvidas. Na Alemanha, houve uma expansão muito rápida no uso de telhado verde chegando a um crescimento anual de 15-20%. O aumento da área de telhados verdes foi de 1 para 10 milhões de metros quadrados no período de 1989 à 1996 (PECK, 1999)

No Brasil o sistema de construção de telhados verdes ainda é novidade, apesar de estar em constante crescimento, por isso a motivação de desenvolver um trabalho de pesquisa voltado para essa área.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

De forma geral, o principal objetivo é explicar como é o funcionamento do telhado verde, e seus benefícios, a fim de demonstrar, através de estudos e testes, a eficiência do telhado verde no controle do escoamento superficial.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer os elementos que compõem a estrutura do telhado verde, considerando as camadas mais importantes e os tipos de vegetação que podem ser utilizadas.
- Mostrar a eficiência dos telhados ecológicos na redução e retardamento do escoamento de águas pluviais, através de experimentos.
- Expor exemplos de edificações que utilizam algum tipo de coberturas verdes.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 TELHADO VERDE

O telhado verde, também conhecido como cobertura verde, telhado vivo, telhado ecológico ou *green roof*, é uma estrutura arquitetônica que consiste em aplicar sobre lajes ou telhados convencionais, uma cobertura vegetativa como parte da estrutura.

4.2 COMPOSIÇÃO BÁSICA

O telhado verde é composto por algumas camadas básicas essenciais para garantir o bom funcionamento e aproveitamento da estrutura, sem que haja prejuízos, ou interfira negativamente na cobertura da construção, a seguir mostraremos detalhes de cada uma dessas camadas.

Figura 2 – Camadas que compõe o telhado verde.



Fonte: <http://classificados.folha.uol.com.br>, 2014. (Imagem editada para fins didáticos) 23/05/2017

4.2.1 Membrana à prova d'água

A membrana à prova d'água serve como proteção para o telhado verde, para evitar que água atinja o mesmo e não ocorra infiltração. Segundo Townshend (2007), dentre todas as camadas que compõem o telhado verde, a impermeabilização é sem dúvidas a mais importante.

De acordo com (Townshend, 2007 p.76) existem numerosos sistemas de impermeabilização, sendo eles:

- Tecido Betuminoso: Tem uma vida limitada de 15 a 20 anos e deve ser estabelecida uma barreira de proteção contra raízes separada na utilização dessa membrana.
- SBS (estireno-butadieno-estireno): membrana impermeável de betume modificado. Este sistema é considerado o mais robusto utilizado para telhados verdes. No entanto, eles são apenas resistentes às raízes se uma camada de cobre for colocada dentro da membrana ou se for tratados com produtos químicos.
- Membranas Líquidas Aplicadas: Estão disponíveis na forma líquida, seja quente ou fria, e são fáceis de aplicar em qualquer superfície, sendo elas, aplicadas com spray.
- Membranas de telhado de camada única: Estas membranas são folhas enroladas (às vezes azulejos) de material plástico de borracha sobreposto nas juntas e selado com calor, ou com solventes.
- Impermeabilização de misturas de betão: Nesse tipo de impermeabilização é usado um aditivo na mistura do concreto que tem uma característica hidrofóbica, mas não é muito utilizado na indústria de telhado verde, pois são aplicáveis apenas em construções novas ou concretos recém-moldados.

4.2.2 Barreiras contra raízes

Se a camada impermeabilizante não for resistente o suficiente contra a força das raízes das plantas é necessário adicionar uma membrana para proteger o telhado contra as raízes invasoras que podem danificar a camada impermeabilizante.

4.2.3 Sistema de drenagem

Utilizado para drenar o excesso de água que percola através do solo e das camadas superiores, onde terá vazão e escoamento devido a inclinação do telhado. Segundo Pérez (2011) é usado dois tipos de camadas de drenagem, sendo elas, os painéis modulares de polietileno ou poliestireno, e pedras porosas com pouca capacidade de retenção hídrica, como argila expandida, xisto expandido, pedra-pomes e pozolana natural.

A camada de drenagem deve ser capaz de reter água quando chove, devendo também assegurar uma boa drenagem e aeração do substrato e raízes (PÉREZ, 2011).

Um sistema de drenagem deve fornecer espaço vazio e inclinação suficiente para permitir que o excesso de água sub-superficial seja transportada para os drenos ou calhas onde poderá ser removida do telhado (WINGFIELD, 2005).

4.2.4 Tecido permeável

A finalidade do filtro é evitar que partículas do meio do solo fino entrem na camada de drenagem, provocando entupimento ou redução da capacidade de drenagem. A camada filtrante pode ser independente da camada de drenagem ou parte integrante de um dreno geocomposto. A camada de filtro deve ser instalada tipicamente paralela à camada de drenagem (WINGFIELD, 2005).

As camadas de filtragem são, de preferência, feitas de geotêxtil tais como velo ou outros materiais tecidos.

4.2.5 Terra

O substrato é a camada que sustenta a camada de vegetação, devendo conter um solo fértil e bem adubado, adequado para o tipo de plantio, com o mínimo de nutrientes para as plantas, e granulometria correta para manter as raízes arejadas, além de possuir uma capacidade de absorção de água suficiente.

4.2.6 Vegetação

A escolha das espécies de plantas deve levar em consideração a região, dando preferência à vegetação nativa, e fatores que interferem no clima como: temperatura, umidade, chuva e exposição ao sol/sombra. É preferível que as espécies possuam alta

tolerância a calor e secas, pois normalmente os telhados são construídos visando um baixo índice de manutenção.

4.3 BENEFÍCIOS

Antes de falar sobre os benefícios, não podemos deixar de notar que o telhado verde tem um alto custo de implantação, sendo esse o principal argumento a favor dos telhados convencionais. Mas segundo a Associação Internacional de Telhado Verde (IGRA), este é um fraco argumento a favor dos “telhados-não-verdes”, considerando que é apenas o cálculo a curto prazo.

O custo de implantação do telhado verde tem uma variação de R\$100,00 a 150,00/m² dependendo do tipo e região, sendo geralmente o dobro dos telhados convencionais, mas considerando o ciclo de vida completo de cada estratégia a solução comum dificilmente dura mais de 20 anos sem reparos, já o telhado verde, pode durar o dobro do tempo, apesar de exigir cuidados específicos e periódicos, além de proteger a laje contra as intempéries (BONI, 2015).

Os benefícios de se implantar uma cobertura pelo sistema de um telhado verde são divididos em benefícios privados e públicos, descritos pela Associação Internacional de Telhado Verde (IGRA).

4.3.1 Benefícios Privados

4.3.1.1 Aumento da vida no telhado

O telhado plano comum tem expectativa de vida de apenas 15 a 25 anos, devido ao estresse físico, químico e biológico ao longo dos anos. A variação de temperatura pode chegar a 100°C durante o ano e 60°C durante 24hrs nos telhados comuns. A radiação UV e altas proporções de ozônio aceleram o processo de envelhecimento da impermeabilização, o que resulta em fadiga do material, envelhecimento, formação de fissuras e vazamento. Enquanto no telhado verde a camada de vegetação amortece o estresse, e fornece proteção para impermeabilização e danos mecânicos.

4.3.1.2 Níveis de ruído reduzidos

Para pessoas que moram perto de lugares com alto índice de ruídos o telhado verde tem como característica, um isolamento acústico de até 8 dB, com redução a reflexão sonora de até 3 dB.

4.3.1.3 Isolamento térmico

Telhados verdes podem contribuir como um isolamento térmico adicional. Pesquisas realizadas pelo Instituto Alemão de Engenharia de Construção, no início dos anos noventa puderam quantificar a eficiência do isolamento térmico em telhados verdes, creditando valores a resistência térmica.

4.3.1.4 Escudo térmico

De acordo com testes de IGRA (2017, apud Drefahl 1995), o microclima de apartamentos abaixo de telhados verdes é comparado com um na base de edifícios. Portanto nos meses de verão as temperaturas internas são reduzidas diminuindo o consumo de energia para resfriamento.

4.3.1.5 Uso do espaço

Nos telhados comuns e convencionais, o espaço de cobertura não é utilizado, enquanto que nos telhados verdes esse espaço pode ser usado para áreas recreativas, jardins, hortas, áreas de refúgios, dentre outros. Praticamente não há limites para projetos de paisagens com plantas. (IGRA, 2017)

4.3.2 Benefícios Públicos

4.3.2.1 Habitat natural para animais e plantas

As atividades de construção do homem reduzem drasticamente a área permeável de zonas urbanas, causando um efeito negativo sobre o ecossistema. Telhados verdes podem compensar as áreas perdidas, tornando refúgios para fauna e flora. Baixa manutenção em telhados intensivos pode promover uma biodiversidade atraindo abelhas, borboletas e

besouros selvagens, até mesmo espécies raras, além de proporcionar o ciclo natural de crescimento das plantas. (IGRA, 2017)

4.3.2.2 Retenção das águas pluviais

A efetividade dos telhados verdes na redução de inundações é sem dúvida um dos melhores benefícios que este sistema de cobertura pode trazer, o escoamento imediato pode ser reduzido de 50-90%, sendo que parte dessa água fica retida e é utilizada pelas plantas, ou evaporada. O restante da água que escoar pode ser armazenada em tanques para utilização, e uma parte mínima podem ser escoados para o sistema de drenagem urbano, podendo ser utilizados sistemas de drenagem para água ser infiltrada no solo dos proprietários. (IGRA, 2017)

4.3.2.3 Efeito de ilhas de calor urbano

O “efeito de ilhas de calor urbano” se dá pelo aumento das superfícies impermeáveis, maior emissão de poluentes, as elevadas temperaturas dos edifícios e indústrias. Causando uma diferença de até 10°C em relação às áreas ao redor da zona urbana. Este efeito reduz a qualidade de vida e prejudica a saúde dos habitantes. Existem amenizadores desse efeito que são as áreas verdes como as praças e parques podem absorver cerca de 80% dessa energia, porém, nas aglomerações urbanas densamente povoadas essas áreas verdes são raras, tornando o telhado verde uma alternativa para diminuir esse efeito. (IGRA, 2017)

4.3.2.4 Redução de poeira e níveis de poluição

A poluição do ar pode causar graves efeitos à saúde, combinações perigosas de gases são emitidas diariamente nas cidades e prejudicam a qualidade do ar, inserindo substâncias tóxicas para os habitantes. As plantas são capazes de absorver parte dessas substâncias. Um metro quadrado de telhado verde pode filtrar aproximadamente 0,2 kg de partículas de poluição no ar por ano. (IGRA, 2017)

4.3.2.5 Cidades e paisagens

Os telhados verdes agregam valor ao visual da cidade tirando o aspecto cinzento, sombrio e a monotonia dos centros urbanos, formando pequenas ilhas que trazem paz e harmonia para o ambiente. Na zona rural o sistema de telhado verde é bem visto, pois consegue incorporar os edifícios à natureza com um aspecto harmonioso. (IGRA, 2017)

4.4 TIPOS DE TELHADO VERDE

De acordo a Associação Internacional de Telhado Verde (IGRA), ele está dividido em três tipos diferentes de telhados, são eles os telhados extensivos, intensivos e semi-intensivos.

4.4.1 Telhados Extensivos

Esse tipo de telhado é adequado para locais em que não se desejam construir um jardim, e que possuem pouca capacidade. Os custos são mais baixos do que os outros tipos de telhados que serão demonstrados. Devido à camada de substrato não ser profunda, permitem apenas o cultivo de plantas baixas, conforme figura 3. (IGRA, 2017)

Figura 3 – Telhado Extensivo.



Fonte: IGRA, 2017

4.4.2 Telhados Semi-intensivos

Os telhados verdes semi-intensivos em termos de requisitos ficam entre os telhados verdes extensivos e os intensivos. Esse tipo de telhado necessita que haja uma maior manutenção, seus custos são mais altos, e ainda possuem um maior peso se comparado com o telhado verde extensivo. Devido seu nível de substrato ser mais profundo, isso permite que sejam cultivadas maiores variedades de espécies de plantas. A figura 4 retrata um telhado semi-intensivo. (IGRA, 2017)

Figura 4 – Telhado semi-intensivo.



Fonte: IGRA, 2017

4.4.3 Telhados Intensivos

Esse tipo de telhado suporta plantações de grande porte, de acordo com as figuras 5 e 6, como árvores e outras características adicionais como passarelas e lagoas, porém a quantidade de manutenção será maior do que todos os outros telhados que conhecemos, além de ser assegurada irrigação permanente e fertilização adequada. (IGRA, 2017)

Figura 5 – Telhado Intensivo.



Fonte: IGRA, 2017

Figura 6 – Telhado Intensivo.



Fonte: IGRA, 2017

City Hall de Chicago é um exemplo de telhado verde muito famoso e que reúne sistemas intensivos, extensivos e intermediários.

Figura 7 – Telhado City Hall de Chicago.



Fonte: <http://www.museumofthecity.org/project/green-roofs-in-cities/>, 2017.

4.5 CLASSIFICAÇÃO DOS TELHADOS VERDES

Os telhados verdes podem ser definidos como acessíveis e inacessíveis, sendo o primeiro um telhado que possa ser utilizado como jardim ou horta, ou até mesmo um local para as pessoas transitarem e desfrutar dos benefícios de sua natureza, já o telhado inacessível é definido como o telhado que não permite a circulação de pessoas. (Townshend, 2007)

4.6 SISTEMAS DE APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE

No Brasil existem algumas empresas que fazem a instalação de telhados verdes, e os mais comuns são os métodos de aplicação de módulos e o sistema flat.

4.6.1 Sistema modular

De acordo com Studio Cidade Jardim uma empresa que faz esse tipo de instalação, o sistema modular é mais indicado para uso em telhados extensivos, pois possui um limite máximo para o substrato. É o sistema mais adequado para instalação em telhados inclinados com inclinação de até 30%, acima disso é necessário um desenvolver um sistema de travamento para evitar a erosão do substrato. Há uma aceitação de plantas ornamentais de até 40cm de altura, podendo o plantio ser feito in loco ou pré-cultivados.

Figura 8 – Aplicação de módulos em telhado verde.



Fonte: <http://www.studiocidadejardim.com.br>, 2017.

4.6.2 Sistema Flat

Ainda sobre o Studio Cidade Jardim o sistema flat é indicado para a instalação tanto de telhados extensivos quanto intensivos, pois o substrato possui uma profundidade variável, porém não se recomenda o uso em telhados com inclinação acima de 5% pois pode ocorrer erosão do substrato, sendo usado em superfícies mais planas como lajes. No entanto para evitar empocamento de água uma inclinação mínima de 2%, logo, em lajes planas é preciso usar um sistema de elevação. Esta é uma ótima opção para jardins de uso intensivo, extensivos e gramados, tendo seu plantio feito in loco.

Figura 9 – Aplicação do sistema flat na instalação do telhado verde.



Fonte: <http://www.studiocidadejardim.com.br>, 2017

4.7 EXEMPLOS DE EDIFICAÇÕES QUE UTILIZAM TELHADO VERDE

Como já mostrado anteriormente, os benefícios do telhado verde são inúmeros, e sabendo desses benefícios algumas cidades criaram leis e incentivos para a aplicação desse método.

Segundo Jéssica Miwa (2014) a cidade de Toronto foi a primeira a adotar o telhado verde como medida pública, desde 2010 a cidade exige a implantação do telhado verde em edifícios comerciais, institucionais e condomínios residenciais e em 2012 para industriais, e hoje a cidade tem 1,2 milhão de metros quadrados verdes, uma economia de energia em torno de 1,5 milhão de kWh por ano e ainda uma redução de 125 mil metros cúbicos de águas pluviais a cada ano.

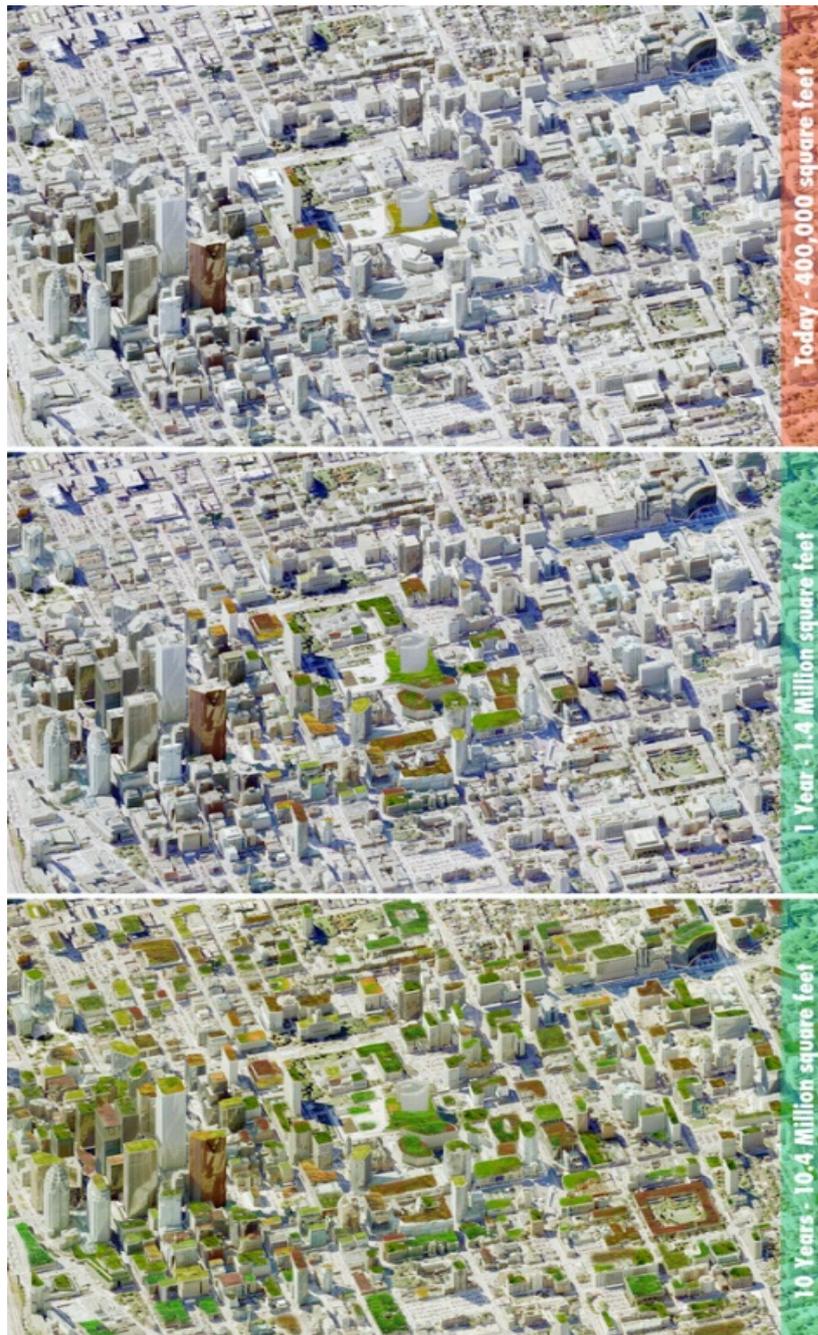
Figura 10 – Prefeitura de Toronto.



Fonte: <https://institucidadejardim.com.br/2017/09/13/programas-de-incentivo-turbinam-o-mercado-de-telhados-verdes-na-america-do-norte-em-2016/>, 2017.

Veja abaixo o gráfico que foi feito por alunos da Universidade de Toronto que projetam a evolução em 10 anos do início da exigência da cidade.

Figura 11 – Gráfico da cidade de Toronto após a exigência da cidade.



Fonte: <http://atverdebrasil.com.br/a-lei-de-telhados-verdes-de-toronto/>, 2017.

De acordo com o site ecodesenvolvimento a segunda cidade a criar leis para implantação do telhado verde foi Copenhague (capital da Dinamarca), sua meta é ser carbono zero até 2025 cobrindo seus telhados de vegetação. Recentemente a França também aprovou uma lei que obriga a implantação de telhados verdes em novas construções de áreas comerciais.

Segundo o site ecodesenvolvimento cada dia que passa essa nova ideologia está aumentando, nas cidades da Suíça, por exemplo, é obrigatória a implantação de telhado

verdes em edifícios novos, e na cidade do México as pessoas que implantarem o telhado verde em suas residências recebem desconto de 10% no imposto.

Segundo Alves (2015) a universidade de Singapura possui 5 prédios coberto por uma extensa vegetação, proporcionando uma temperatura fresca dentro dos ambientes e drena a água da chuva, que é utilizada para a limpeza do campus.

Figura 12 – universidade de Singapura.



Fonte: <http://lecycorelli-bioarquitetura.blogspot.com.br/2011/04/telhado-verde-em-cingapura-para-deitar.html#axzz4z1hdeEKv>, 2017.

De acordo com Cristiane Nunes (2015), a sede da prefeitura de Chicago, o edifício City Hall, foi o primeiro a ser escolhido para medir o impacto dos telhados verdes. Composto por 20.000 plantas de mais de 150 espécies, inclui arbustos, cipós e até árvores.

Figura 13 – Prefeitura de Chicago (EUA).



Fonte: <http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>, 2017.

Millennium Park em Chicago, Com 9,7 hectares, é o maior telhado verde do mundo. Foi feito na recuperação de um pátio de manobra de trens.

Figura 14 – Millenium Park em Chicago (EUA).



Fonte <http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>, 2017.

Um artigo publicado na revista *exame*, escrito por Vanessa Barbosa (2014), fala sobre o visual totalmente diferente do famoso restaurante McDonald's, instalado em Singapura, que ganhou um telhado verde em formato de cogumelo, para se adequar ao ambiente natural. A estrutura foi projetada pela empresa OngOng, que desenvolveu o projeto nessa forma para facilitar a drenagem da água, e por sua vez além de melhorar a estética ainda proporciona

economia de energia, devido ao conforto e equilíbrio térmico, deixando o ambiente numa temperatura agradável.

Figura 15 – McDonald's na cidade de Singapura.



Fonte <http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>, 2017.

No Brasil, foi Recife a primeira cidade a criar leis e incentivos para implantação do telhado verde, visando aumentar a área verde e diminuir os efeitos de ilhas de calor, Segundo a lei municipal nº18. 112 de 12 de janeiro de 2015 diz que todo edifício com mais de 4 pavimentos e área maior a 400m² é obrigado a implantar uma estrutura de telhado verde. Em Santos, descontos no IPTU variam de 1,5% a 10%. (Lei PCL N° 913 de 26/11/2015).

Com mais de 100 árvores nativas, a floresta recebeu em janeiro de 2014 mudas de 1 metro de altura e que agora tem de 2 a 3 metros. O resultado são florestas densas e verdejantes de até 3,5 metros de altura, que resistem a ventanias, consomem pouquíssima água, não dão manutenção, podem abrigar diversas espécies da fauna e pesam apenas 300 kg por m², o mesmo que um gramado em terra comum sobre laje. A cobertura diminui até 18°C de temperatura (CARDIM, 2015).

Figura 16 – Telhado verde com espécies da Mata Atlântica.



Fonte: <https://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2015/04/23/o-primeiro-telhado-verde-com-floresta-de-mata-atlantica-e-em-sao-paulo/>, 2017.

De acordo com Mariane Rossi (2016) no topo de um prédio comercial em Santos, foram colocadas grama esmeralda e capim do Texas em uma área de 550 m², conforme figura 17.

Figura 17 – Telhado Verde no Edifício Ana Costa, em Santos.



Fonte: <https://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2015/06/01/5-telhados-verdes-modernos-na-cidade-de-sao-paulo/>, 2017.

4.8 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial, ou seja, deslocamento das águas na superfície terrestre pode ser considerado a fase mais importante do ciclo hidrológico para o engenheiro, tendo em vista que a maior parte das pesquisas na área de hidrologia está relacionada ao aproveitamento de água e proteção contra os efeitos causados pelo seu deslocamento (CARVALHO E SILVA, 2006).

Analisando o ciclo hidrológico, é comum que uma parte do volume da água precipitada seja absorvida pela vegetação e que o restante chegue a superfície do solo, umedecendo-o. Se a precipitação continuar, ocorrerá a desintegração dos agregados em partículas menores. De acordo com a intensidade, velocidade e tamanho das gotas o solo tende a se desestruturar, além disso, os impactos dessas gotas vão compactando o solo, ocorrendo um selamento do mesmo, e então reduz a capacidade de infiltração desse solo. Depois que o solo excede sua capacidade de retenção, começa a ocorrer o empoçamento da água nas partes mais baixas da superfície do solo, e então se iniciará o escoamento da água.

4.9 DRENAGEM URBANA

O meio ambiente e a qualidade de vida, tem sofrido com a urbanização e os projetos de drenagem urbana inadequados, que visam escoar a água superficial o mais rápido possível, e isso acaba provocando inundações por aumentar significativamente a vazão máxima (TUCCI, 2003).

Segundo Tucci (2003) os sistemas de drenagem são definidos em três tipos: na fonte, microdrenagem e macrodrenagem:

A drenagem na fonte é caracterizada pelo escoamento local, de lotes, praças, parques, ou locais individualizados.

A microdrenagem está relacionada aos sistemas de condutos pluviais da rede primária, utilizado para drenar áreas maiores como loteamentos, e com risco moderado.

A macrodrenagem é composta por um sistema de vários tipos de microdrenagem, abrangendo uma área de pelo menos 200 ha, mas podendo variar de acordo com a configuração da região, e deve ter uma capacidade superior a da microdrenagem.

5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho engloba uma pesquisa bibliográfica em conjunto com uma pesquisa experimental.

Segundo Gil (2009), uma pesquisa bibliográfica é realizada com base em trabalhos já elaborados anteriormente sobre o assunto, apesar da maioria das pesquisas exigirem esse tipo de trabalho, algumas são unicamente a partir de fontes bibliográficas.

Uma pesquisa experimental de acordo com Gil (2009) consiste em estabelecer um objeto de estudo, indicar quais os fatores que poderiam provocar alterações, definir um método de controle para efeito de comparação entre os fatores e observar as alterações que são produzidas no objeto.

A pesquisa experimental será realizada na cidade de Goianésia - Goiás, onde possui um clima tropical, e sua temperatura média varia entre de 22.8°C a 25.6 °C, e a média da sua precipitação chegam a 1502 mm por ano, sendo seu período de maior precipitação entre os meses de novembro a fevereiro (<https://pt.climate-data.org/location/43191/>).

Para executar o experimento serão utilizados dois protótipos, que irão simbolizar os telhados a serem comparados, caracterizando a princípio um primeiro telhado do tipo convencional, que servirá como base para analisarmos os resultados ao final do experimento, enquanto que no segundo telhado, seria construída uma estrutura de um telhado verde com todas as suas camadas básicas. Os dois telhados irão ter calhas para o escoamento da água e o reservatório para armazenar a água que não for retida pelo telhado. A partir daí realizaremos o experimento simulando uma precipitação, com a mesma intensidade e duração para ambos os protótipos. Feito isso, o próximo passo seria contabilizar e registrar o momento que se inicia o escoamento, para comprovar o retardo do mesmo, e logo após tal situação, será analisado o volume de água que ficaria armazenada nos reservatórios. Para um resultado mais satisfatório, esse processo se repetirá por três vezes, para assim, obtermos uma média e então com tais resultados, realiza-se uma comparação entre os dois tipos de telhados para comprovarmos a eficácia do telhado verde na diminuição e retardo do escoamento superficial.

5.1 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

A montagem do experimento iniciou-se com a estrutura onde seriam colocados os telhados, nesse caso foi escolhida a estrutura de metal para que pudessemos ter mobilidade da estrutura podendo transportá-la para onde fosse necessário.

5.1.1 Telhado convencional

A estrutura metálica para o telhado convencional, na parte superior onde foi colocada a telha tem dimensões de 1,00m x 1,50m, com uma altura maior de 1,30m e menor de 1,00m e inclinação de 20%, comumente utilizada para telhados convencionais, sendo essa inclinação ao longo da dimensão de 1,50m. O tipo de telha utilizado foi de zinco, fixada com parafusos na estrutura de metal, como podemos ver na figura 18.

Figura 18 – Estrutura do telhado convencional com a telha de zinco



Fonte: próprio autor.

O sistema para captação da água do telhado convencional foi criado utilizando um tubo de PVC com diâmetro de 100 mm que foi cortado e encaixado na parte baixa do telhado como se vê na figura 19.

Figura 19 – Telhado convencional pronto com o sistema de captação da água



Fonte: próprio autor.

5.1.2 Telhado verde

A estrutura do telhado verde foi feita com perfil metálico, com uma chapa de metal na parte superior para substituir a camada impermeabilizante, a camada de proteção contra raízes e a laje. A chapa possui dimensões de 1,00m x 1,50m. A altura maior de 1,15m e menor de 1,00m e inclinação de 10%, pois é a maior inclinação permitida para o telhado verde, sendo essa inclinação ao longo da dimensão de 1,50m. Para a contenção do telhado verde foram colocados suportes de metal nas laterais, onde seriam fixadas as barreiras de madeira.

Figura 20 – Estrutura do telhado verde



Fonte: próprio autor.

Nessa etapa foram afixadas as madeiras de contenção nos suportes laterais, utilizando pregos para formar a barreira de proteção a fim de evitar a erosão do substrato. Em seguida foi espalhada sobre a chapa de metal, a argila expandida cobrindo toda área do telhado formando a camada de drenagem, de acordo com a figura 21.

Figura 21 – Estrutura do telhado verde com barreira e argila expandida



Fonte: próprio autor.

A Figura 22 mostra a estrutura do telhado verde com a manta da camada filtrante que foi colocada sobre a camada de drenagem e fixada nas laterais com grampos.

Figura 22 – Estrutura do telhado verde com a manta bidin



Fonte: próprio autor.

Na Figura 23, mostra a etapa de aplicação do substrato, onde foram utilizados cerca de 4 cm de espessura, de um solo preparado para receber a vegetação.

Figura 23 – Estrutura do telhado verde com substrato



Fonte: próprio autor.

Por fim foi plantada a vegetação que é composta por grama do tipo esmeralda, onde foram utilizados tapetes de 0,40m x 0,60m, finalizando assim a montagem da nossa estrutura do telhado verde como mostra a Figura 24.

Figura 24 – Estrutura do telhado verde pronta



Fonte: próprio autor.

Depois de concluído o protótipo, foi esperado em torno de 25 dias para que a vegetação pudesse enraizar, e durante esse período eram feitas irrigações manuais utilizando mangueira comum como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Irrigação do telhado verde



Fonte: próprio autor.

Figura 26 – Protótipo do telhado verde completo.



Fonte: próprio autor.

Para finalizar o protótipo ainda foi construído um sistema para a captação da água que seria escoada do telhado, conforme figura 26. E para que não houvesse vazamentos laterais, utilizamos silicone para impermeabilizar parte da estrutura direcionando o escoamento apenas para a parte frontal do sistema onde foi instalado um tubo de PVC de 100 mm cortado ao longo de seu comprimento para que fosse usado como calha, além de tampar um dos lados e inserir um Joelho na outra ponta, onde seria captada a água.

5.1.3 Sistema simulador de precipitação

Para que pudessemos reproduzir uma precipitação de maneira que ocorresse de forma uniforme sobre o telhado, foi produzido um sistema de tubos de PVC, no qual seria acoplada uma mangueira na entrada do sistema, e a saída da água seria através de pequenos furos ao longo dos tubos.

Os materiais utilizados para montagem desse sistema foram: tubos de PVC rígido para água fria de 20 mm, Tê's soldáveis de 20 mm, joelhos 90° de 20 mm, lixa, adesivo plástico para PVC, Tê roscável para o adaptador da mangueira, agulhas para realizar os furos.

A seguir podemos ver como foi o processo de montagem do sistema pela figura 27.

Figura 27 – Materiais utilizados para construir o sistema



Fonte: próprio autor.

Após a compra dos materiais para construirmos o simulador de precipitação, o primeiro passo foi cortar os canos na medida certa para que ocupasse toda a área do telhado de 1.00x1.50m.

Figura 28 – Tubos de PVC de 20mm para o sistema



Fonte: próprio autor.

Segundo passo foi cortar os canos em um comprimento bem pequeno, e então lixar para facilitar o encaixe, sendo estes pequenos pedaços de canos necessários apenas para unir os Tê's, facilitando na hora de colar, deixando o sistema mais seguro, evitando vazamentos.

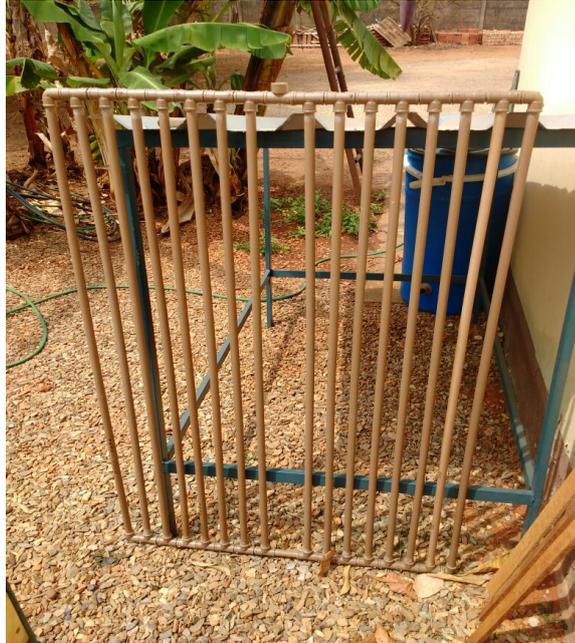
Figura 29 – Corte dos tubos



Fonte: próprio autor.

Depois que os pedaços estavam no comprimento correto e lixado, encaixamos nos Tê's e colamos lado a lado com os canos que já estavam cortados no comprimento correto, utilizando uma cola apropriada para PVC.

Figura 30 – Sistema simulador de precipitação



Fonte: próprio autor.

Para a entrada da água no sistema, encaixamos apenas um Tê roscável para o lado contrário aos demais, isso permitiu que pudéssemos fixar o adaptador e encaixar a mangueira para entrada da água, registrado pela figura 31.

Figura 31 – Tê roscável para encaixe do adaptador



Fonte: próprio autor.

5.2 EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

A execução dos experimentos foi dividida em três condições onde se encontrava o telhado verde, sendo elas: telhado seco, telhado semi-saturado e telhado saturado. Foram executados três testes em cada condição do telhado com objetivo de obter a média de cada situação.

Para auxiliar as anotações do experimento, foi desenvolvida uma tabela como mostra o APÊNDICE A, onde para os dois telhados seriam registrados os tempos em relação ao volume de escoamento a cada 1 litro.

A duração total dos experimentos foi de 5 minutos, pois se percebeu que não seria necessário um período maior que o apresentado, por que a partir de certo tempo o escoamento se comportava de maneira linear para ambos os protótipos.

A vazão para ambos os telhados foram sempre iguais. O início do experimento se dava com o simulador da precipitação em sua vazão máxima, sendo inserido sobre o protótipo, iniciando simultaneamente a contagem do tempo. A partir daí a primeira marcação era feita no volume zero da tabela do anexo A, que representa o tempo em que a primeira gota era escoada do telhado. Em seguida anotava-se o tempo a cada 1 litro de escoamento, até que atingisse o tempo total de 5 minutos de precipitação, onde o simulador era removido imediatamente do telhado, mas a marcação do tempo de escoamento continuava até que a vazão fosse mínima, ou seja, próxima a zero, podendo medir quanto tempo após o encerramento da precipitação o escoamento ainda persistia. No final do experimento foi possível analisar a diferença do volume total escoado para cada telhado, com a finalidade de obter a redução e a diferença do início do escoamento, verificando o retardamento.

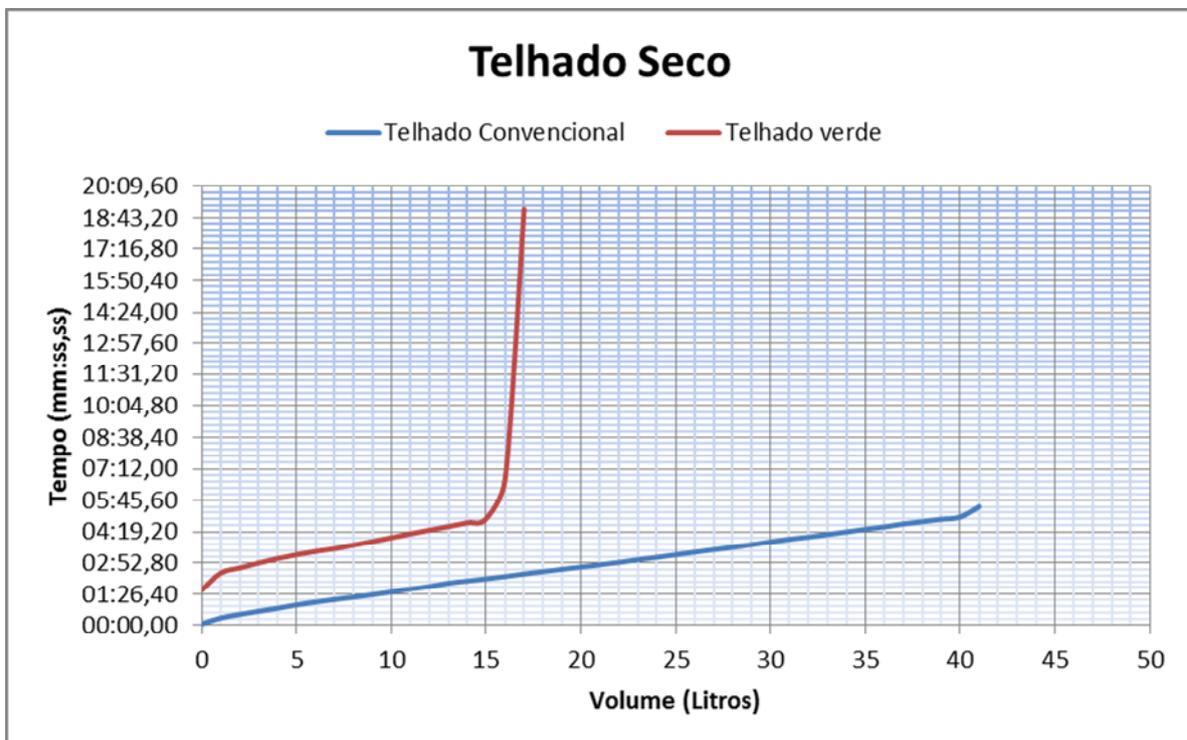
Para a execução do experimento no telhado seco, esperou-se o tempo de 3 dias sem chuva e clima ensolarado, de modo que o telhado verde não recebesse nenhum tipo de irrigação, então foi feito o procedimento descrito anteriormente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de tudo temos que deixar claro que o modelo de protótipo desenvolvido para a realização dos testes foi bastante desfavorável, pois foram utilizados uma camada mínima de 4 cm de substrato para o telhado do tipo extensivo, uma inclinação de 10% relativamente alta para telhados verde, e uma área de 1,5m². Mas com o propósito de obter um resultado que pudesse ser visto como uma das piores situações da implantação de uma cobertura verde, com o objetivo de ter uma redução e um retardamento no escoamento superficial.

No telhado seco (Gráfico 32), obtivemos resultados bastante satisfatórios, primeiro em relação ao tempo inicial de escoamento que ocorreu em média cerca de 1 minuto e 30 segundos após o início do escoamento no telhado convencional. Uma segunda informação que extraímos dos experimentos é em relação à redução do volume escoado, que se aproxima de 24 litros de diferença entre os dois tipos de telhado, além do tempo de cerca de 13 minutos de escoamento após a interrupção da chuva e um volume de dois litros nesse mesmo tempo.

Gráfico 32 – Resultados do experimento com telhado seco

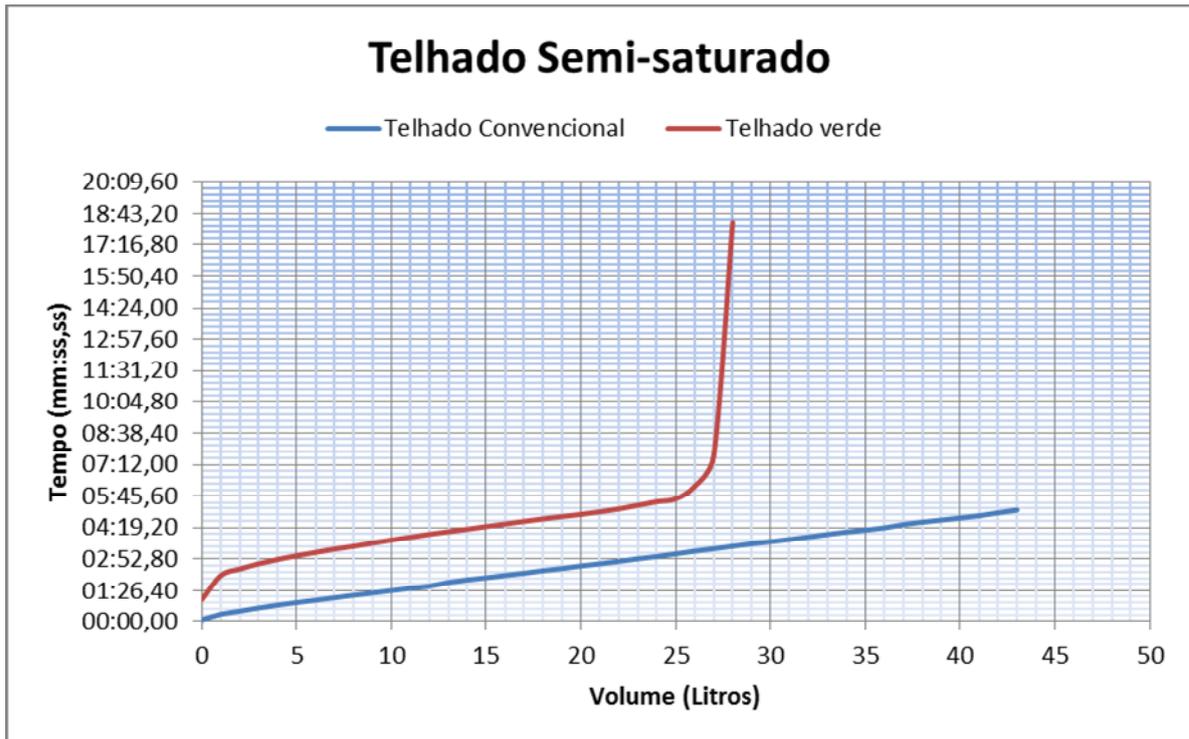


Fonte: próprio autor.

No telhado semi-saturado (Gráfico 33), os resultados não foram tão bons quanto o telhado seco, mas mostra como seria o comportamento do telhado, no período das águas, de maneira mais próxima da realidade. Em relação ao tempo inicial de escoamento, ocorreu em

média, cerca de 1 minuto após o início do escoamento no telhado convencional. Já em relação à redução do volume escoado, ou a parte da água que ficou retida no telhado, tivemos uma diferença de 15 litros entre os dois tipos de telhado. O tempo após a interrupção da chuva e o volume escoado nesse período, foi parecido com o resultado do telhado seco, aproximando-se de 13 minutos e dois litros de volume escoados.

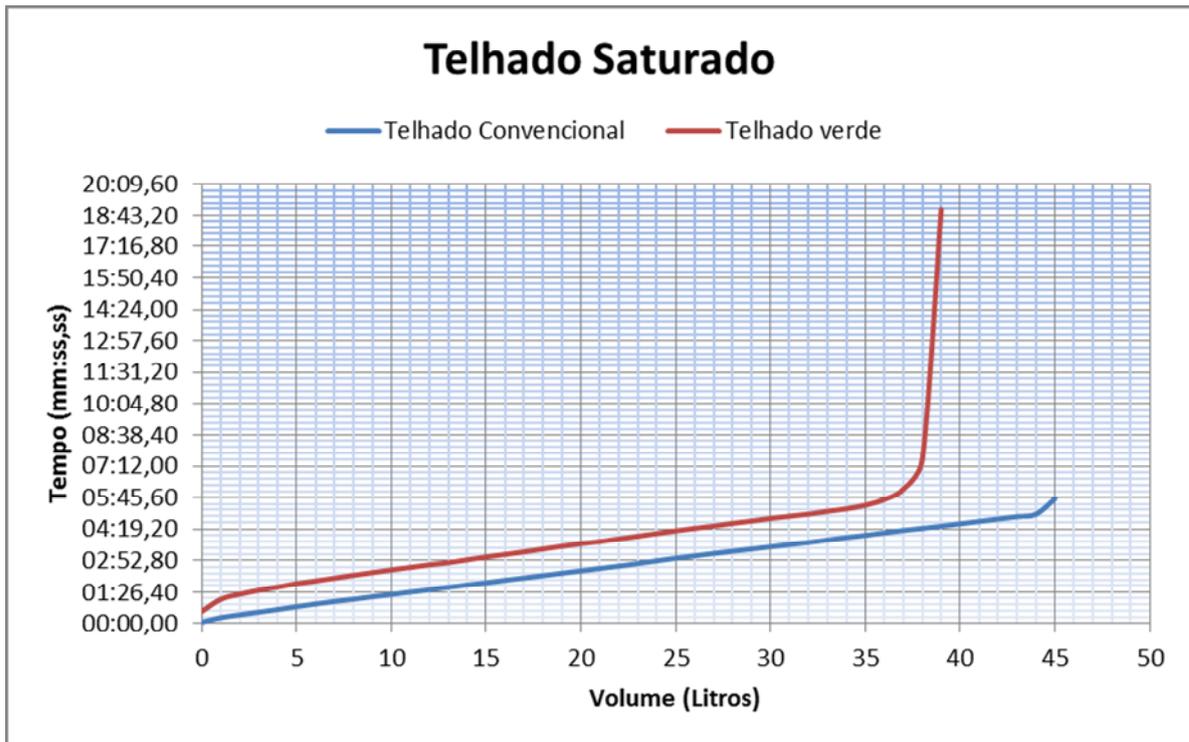
Gráfico 33 – Resultados do experimento com telhado semi-saturado



Fonte: próprio autor.

No telhado saturado (Gráfico 34), os resultados foram os menos satisfatórios, embora obviamente ainda se sobressaia ao telhado convencional, com respeito a redução e retardamento do escoamento superficial. O tempo gasto do início da precipitação até que caísse a primeira gota, ocorreu em média, cerca de 30 segundos após o início do escoamento no telhado convencional. O volume retido pelo telhado nessa condição foi o menor das três situações testadas, retendo apenas 6 litros de diferença entre os dois telhados. E por fim curiosamente o tempo após a interrupção da chuva e o volume escoado nesse período, foi praticamente o mesmo das demais condições com valores próximos a 13 minutos de escoamento e dois litros de volume escoado.

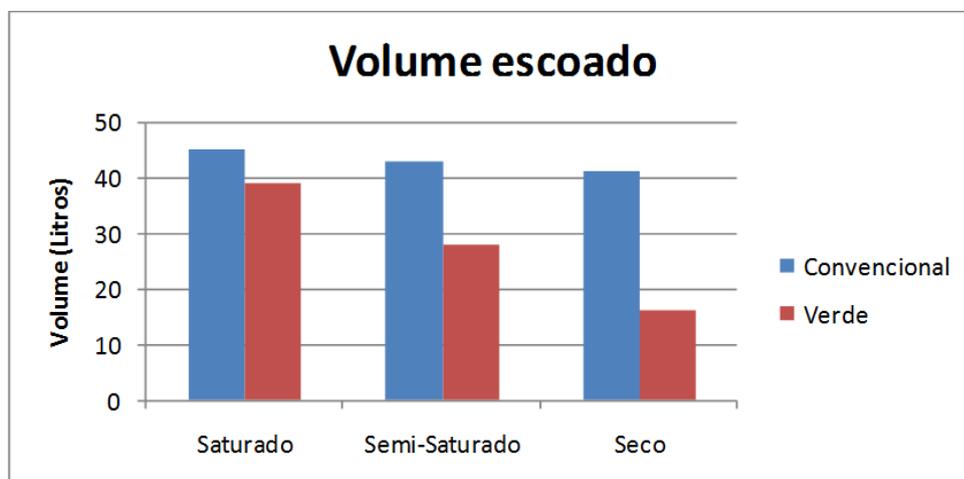
Gráfico 34 – Resultados do experimento com telhado saturado



Fonte: próprio autor.

Enquanto o escoamento no telhado convencional ocorre de maneira linear, o telhado verde tem em seus primeiros minutos um retardamento na vazão deste escoamento, tornando-se linear após o solo estar saturado. O volume de água retida no telhado está totalmente ligado à porosidade do solo e o nível de saturação no momento em que acontece a precipitação, como mostra o Gráfico 35, e principalmente ao volume de solo que compõe o telhado.

Gráfico 35 – Volume total escoado.



Fonte: próprio autor.

7 CONCLUSÃO

O tema de pesquisa inicialmente parecia um pouco distante da realidade da construção civil, mas percebemos que se trata de um tema em ascensão, por ter ligação com o meio ambiente e a qualidade de vida.

Foi muito gratificante e até surpreendente, pesquisar exemplos de cobertura verde em todo mundo, além de incentivos que os órgãos públicos proporcionam para a implantação dessas lindas estruturas.

Um trabalho de pesquisa experimental se torna divertido, pois podemos ver na prática o que está sendo estudado, além de ampliar sua capacidade de resolver problemas, e desenvolver idéias, criando algo que servirá como benefício ou referência para outras pesquisas.

O experimento executado neste trabalho mostra resultados restritos aos modelos de protótipos utilizados, em que foram construídos com área de 1,5 metros quadrados; a soma total da camada das camadas do telhado verde foi de 10 centímetros de espessura, com a vegetação baixa, sendo grama do tipo esmeralda e camada de solo de 4 centímetros.

A inclinação do telhado verde foi de 10% e do telhado convencional de 20%, apesar dessa diferença de inclinação os resultados do telhado convencional não são influenciados pela inclinação, sendo considerado os 10% do telhado verde o parametro de avaliação dos resultados.

A espessura da camada de solo está totalmente ligada aos resultados obtidos, o fato de termos utilizado apenas 4 centímetros, que é a menos camada de solo possível, foi para que pudessemos ter um pior situação de redução e de volume escoado, e mostrar o benefício mínimo do telhado. Para qualquer camada de solo acima do demonstrado no experimento os resultados seriam melhores.

Do mesmo modo que a espessura do substrato foi mínima, a vegetação utilizada também foi desfavorável, de modo que a evapotranspiração das plantas, as gotas que ficam presas nas folhas e a água que é absorvida pela planta, influenciam na redução e retardo do escoamento superficial, e caso utilizássemos uma vegetação de grande porte com camadas mais espessas de solo, a retenção e o retardo seriam bem maiores que os obtidos no resultado.

Em todos os testes pudemos perceber que o escoamento perdurou por bastante tempo após a interrupção da chuva, mas o volume escoado nesse período não foi tão grande, deixando claro que, o retardo do escoamento não é tão efetivo como o esperado no período

pós-chuva. No período inicial da chuva o retardo foi satisfatório, mesmo com a camada de substrato desfavoravelmente fina, em que houve um atraso no escoamento e uma redução da vazão nos primeiros momentos.

Em relação à redução do volume escoado, o telhado verde demonstrou ser bastante eficaz, devido à capacidade de reter a água. Sendo que, se utilizado em uma estrutura de maior área, ou até mesmo, em várias estruturas, terá uma redução significativa para ajudar no sistema de drenagem urbana.

Para pesquisas posteriores ou futuros experimentos, seria interessante comparar vários tipos de telhado verde, variando a vegetação, a espessura da camada de solo, e a inclinação do telhado. Além disso, com um maior prazo para realizar os experimentos, seria possível utilizar a própria precipitação da região onde se realizariam os testes, ao invés de simular a precipitação. Com possibilidade de criar um sistema automático para coleta de dados através de sensores, que poderiam ser instalados nos protótipos, e um *software* para análise dos dados.

8 BIBLIOGRAFIA

ALVES, Renan Fatibello. Conheça a incrível universidade com teto verde, 2015. Disponível em: <https://atibaiacconnection.com.br/conheca-a-incriveis-universidade-com-teto-verde/>. Acesso em 17/09/2017.

BARBOSA, Vanessa. “McDonald’s em Singapura ganha telhado verde”. 2014. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/mcdonald-s-em-singapura-ganha-telhado-verde/>, Acesso em 20/10/2017.

BONI, Felipe. Telhado Verde: uma opção sustentável? 2015. Disponível em: <http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>, Acesso em 18/08/2017.

CARDIM, Ricardo. “O primeiro telhado verde com floresta de Mata Atlântica é em São Paulo”. 2015. Disponível em: <https://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2015/04/23/o-primeiro-telhado-verde-com-floresta-de-mata-atlantica-e-em-sao-paulo/>, Acesso em 17/11/2015.

CARVALHO, Daniel. F, SILVA Leonardo D. B. Hidrologia: Capítulo 7. Escoamento superficial, 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf> Acesso em 05/06/2017.

Climate-data.org. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/43191/> Acesso em 03/06/2017.

DUDZEVCH, Airton. Sistema de aproveitamento de água de chuva, 2009. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/148/artigo286613-1.aspx> Acesso em 21/05/2017.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

<https://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2015/04/23/o-primeiro-telhado-verde-com-floresta-de-mata-atlantica-e-em-sao-paulo/> Acesso em 15/10/2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>. Acesso em 26/05/2017.

Instituto Alemão de Engenharia de Construção

International Green Roof Association (IGRA), 2017. Disponível em: <http://www.igra-world.com/> Acesso em 28/05/2017.

Lei Municipal N°18.112 de 12/01/2015, Recife-PE, 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280138> Acesso em 10/11/2017.

MIWA, Jéssica. “Telhado verde é obrigatório em Copenhague e Toronto”. 2014. Disponível em: <http://thegreenestpost.bol.uol.com.br/telhado-verde-e-obrigatorio-em-copenhague-e-toronto-2/> Acesso em 20/11/2017.

NUNES, Cristiane. “6 Exemplos de telhados verdes em Chicago”. 2015. Disponível em: <http://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>. Acesso em 10/11/2017.

NUNES, Cristiane. Aproveitamento de água da chuva: para uso não-potável. Disponível em: <http://sustentarqui.com.br/dicas/aproveitamento-de-agua-de-chuva-para-uso-nao-potavel/> acesso em 21/05/2017.

PECK, S. W. Et al. Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canadá. Peck and associates, 1999.

PÉREZ, Gabriel, VILA Anna, RINCÓN Lúdia, SOLÉ Cristian, CABEZA Luisa F. Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material. Elsevier, 2011.

Redação ecoD. Copenhague é segunda cidade no mundo a tornar obrigatórios os telhados verdes. Disponível em <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2014/copenhague-e-segunda-cidade-no-mundo-a-tornar>. Acesso em 15/10/2017.

ROSSI, Mariane. Telhado verde começa a ganhar espaço em Santos e abate o IPTU, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2016/03/telhado-verde-comeca-ganhar-espaco-em-santos-e-abate-o-iptu.html>. Acesso em 20/10/2017.

Studio cidade Jardim. Telhado verde modular versus telhado verde Flat,2017. Disponível em <http://www.studiocidadejardim.com.br/como-montar-um-telhado-verde>. Acesso em 21/05/2017.

TOWNSHEND, Derek. Study on green roof application in hong kong, 16 February 2007.

TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. In TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C.(org.) Inundações Urbanas na América do Sul, ABRH, Porto Alegre, cap.3, 2003.

WINGFIELD, Allan. The Filter, Drain, And Water Holding Componentes of Green Roof Design, 2005.

APÊNDICE A

VOLUME	TELHADO CONVENCIONAL		TELHADO VERDE	
	TEMPO/LITRO	ACUMULADO	TEMPO/LITRO	ACUMULADO
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
...				
N				