

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
GERENCIAMENTO DE OBRAS

VITOR BULKOO DE FARIAS

**TERRAÇO VERDE: APLICAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DE CURITIBA**

CURITIBA  
2019

VITOR BULKOO DE FARIAS

**TERRAÇO VERDE: APLICAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DE CURITIBA**

Monografia de especialização, apresentado a disciplina de Construções Sustentáveis ao curso de Gerenciamento de Obras da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialização.

Orientador: Prof. Dr. Eloy F. Casagrande Jr.

CURITIBA  
2019

**VITOR BULKOO DE FARIAS**

**TERRAÇO VERDE - APLICAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DE  
CURITIBA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

---

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M. Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2019

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## RESUMO

BULKOOL DE FARIAS, Vitor. **Terraço Verde: Aplicação nas edificações de Curitiba**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – Gerenciamento de Obras. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

A preocupação em diminuir os impactos ambientais, por meio de atividades socioeconômicas, tem sido cada vez maior. A construção civil é um dos setores que podem causar diversos impactos, desde o consumo de recursos naturais para a produção de insumos para o canteiro de obras, passando por mudanças de solo, áreas de vegetação, até os reflexos no aumento no gasto de energia elétrica.

O terraço verde tem sido cada vez mais eficiente com a minimização de impactos ambientais e trazendo benefícios para a sociedade e economia de forma simultânea, porém, o sistema construtivo ainda é pouco explorado no ramo da construção civil.

É possível convencer os arquitetos e/ou projetistas de empresas construtoras a implantar o sistema, com auxílio de projetos, ferramentas de gestão e estudos de viabilidade, transformando um espaço ocioso de uma edificação em uma área de lazer e atratividade. Além disso, o terraço verde é capaz de reduzir gastos energéticos e hídricos convencionais no interior de uma edificação e controlar as ilhas de calor e inundações em áreas urbanas impermeabilizadas.

**Palavras-chave:** Construções sustentáveis. Telhado verde. Impactos ambientais.

## **ABSTRACT**

**BULKOOL DE FARIAS, Vitor. Green Roofs: Application in the buildings of Curitiba.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação) – Gerenciamento de Obras. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

The concern to reduce environmental impacts, through socioeconomic activities, has been increasing. Civil construction is one of the sectors that can cause several impacts, from the consumption of natural resources to the production of inputs to the construction site, through soil changes, vegetation areas, to the effects of increased electricity consumption. The green roof has been increasingly efficient with the minimization of environmental impacts and bringing benefits to society and economy simultaneously, however, the construction system is still little explored in the construction branch. It is possible to convince the architects and / or designers of construction companies to implement the system, with the aid of projects, management tools and feasibility studies, transforming an idle space of a building into a leisure area and attractiveness. In addition, the green roof is capable of reducing conventional energy and water costs inside a building and controlling the islands of heat and flooding in urban and waterproof areas.

**Keywords:** Sustainable buildings. Green roof. Environmental impacts.

## LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1:–Equação da cotação demateriais.....	60
EQUAÇÃO 2:–Equação do tempo deretorno-Payback.....	68
EQUAÇÃO 3:–Equação da Vazãode drenagem.....	69
EQUAÇÃO 4:–Equação da intensidade de chuvadaRMC.....	70
EQUAÇÃO 5:–Equaçãode Kirpich.....	71
EQUAÇÃO 6:–Equação da Vazão totalde drenagem.....	74
EQUAÇÃO 7:–Equação da eficiência de reduçãodevazão.....	77

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1: –Características dos tipos decoberturaverde.....	25
QUADRO 2: – EAPdeImplantação.....	52
QUADRO 3:– Planilha de cotação dosmateriaisnecessarios.....	61
QUADRO 4: –Planilha de orçamento da área do terraço verde aserimplantada.....	62
QUADRO 5: –Planilha de orçamento da área do terraço verdeconcluída.....	62
QUADRO 6: –Simulador de consumo energético semanal doarcondicionado.....	63
TABELA 1: –Consumo deágua predial.....	66
TABELA 2: –Tarifa de consumo deágua predial.....	67
TABELA 3: –Valores do coeficiente de escoamentoparaáreasurbanas.....	70
TABELA 4: –Valores do Tempo de retorno parasistemasurbanos.....	71
TABELA 5: –.Valores do Coeficiente de Run-off parasistemasconstrutivos.....	75

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:–Climogramade Curitiba.....	13
FIGURA 2: –Sinais de aquecimento nas diferenteszonasdacidade.....	14
FIGURA 3: –Formação de ilhas de caloremCuritiba.....	15
FIGURA 4:–Evolução histórica das inundaçõesemCuritiba.....	16
FIGURA 5:–Carros semissubmersos no estacionamento do Polloshopem Curitiba.....	17
FIGURA 6:–Cobertura verde aplicado no edifícioCasaAméricaemPortoAlegre.....	20
FIGURA 7:–Telhadoverdeintensivo.....	23
FIGURA 8:–Telhadoverde extensivo.....	24
FIGURA 9: –Camadas que constitui otelhadoverde.....	27
FIGURA 10: –Camada drenantesendopreenchidacomcascalho para reteráguapluvial.....	30
FIGURA 11:–Execuçãodosubstrato.....	32
FIGURA 12:–Jardim decobertura.....	33
FIGURA 13:–Detalhamento das camadas dotelhadoverde.....	34
FIGURA 14:–Temperaturas medidas ao longo do tempoemdiferentes tiposdecobertura.....	39
FIGURA 15:–Espécie de planta da famíliaAteraceae, adaptado nocerradopaulista.....	41
FIGURA 16:–Telhado verde construído noedifícioMatarazzo.....	42
FIGURA 17:–PalácioGustavoCapanema.....	43
FIGURA 18:–Universidade Tecnológica deNanyang, Singapura.....	44
FIGURA 19:–Vista dotelhadoverde.....	46
FIGURA 20:–Esquema do Projeto do novo modelodopontodeÔnibus.....	47
FIGURA 21:–Esquema do sistema de captação e armazenamento deáguapluvial.....	47
FIGURA 22:–Edifício Asian Crossroads OvertheSea.....	49
FIGURA 23: –Terraço verde do edifíciocomáreadelazer.....	49
FIGURA 24:–Mapa da localização do edifíciomestudo.....	50
FIGURA 25:–Edifício comercialemestudo.....	51
FIGURA 26:–Macdrain J e espalhamento dasgarrafasPET.....	53

FIGURA 27:–Manta Bidim.....	53
FIGURA 28:–Espalhamento do substrato.....	54
FIGURA 29: –Diversidade de espécies de plantas adaptadas ao clima local.....	55
FIGURA 30: –Aranto ( <i>Kalanchoe daigremontiana</i> ) no terraço verde.....	56
FIGURA 31:–Planta arquitetônica do terraço ao qual será trabalhado.....	56
FIGURA 32:–Esboço do projeto com os elementos apresentados.....	57
FIGURA 33:–Área do terraço verde concluída.....	58
FIGURA 34:–Hortado terraço.....	59
FIGURA 35:–Cisterna instalada no terraço verde.....	64
FIGURA 36:–Cisterna para irrigação da hortado terraço.....	65
FIGURA 37:–Esquematização do levantamento da quadra em estudo.....	73
FIGURA 38:–Ensaio caseiro de permeabilidade do substrato.....	76
FIGURA 39:–Substrato preenchido com água.....	76



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1. Problematização.....	12
1.1.1. Ilhas de CaloremCuritiba.....	13
1.1.2. InundaçõesemCuritiba.....	16
1.2. Justificativa.....	19
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. ObjetivosGerais.....	19
1.3.2. ObjetivosEspecíficos.....	19
<b>2. REFERENCIALTEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
2.1. Definição.....	19
2.2. Histórico.....	21
2.3. Tipos deCoberturasVerdes.....	23
2.3.1. TelhadoVerdeIntensivo.....	23
2.3.2. TelhadoVerdeExtensivo.....	24
2.3.3. Telhado VerdeSemiExtensivo.....	24
2.4. Classificação quantoàinclinação.....	26
2.4.1. Telhadoplano.....	26
2.4.2. Telhado deinclinaçãomoderada.....	26
2.4.3. Telhado deinclinaçãoacentuada.....	26
2.5. Composição daCoberturaVerde.....	26
2.5.1. Estrutura.....	27
2.5.2. Impermeabilização.....	28
2.5.3. Barreirapararaízes.....	29
2.5.4. Camadadeproteção.....	29
2.5.5. Camadadedrenagem.....	29
2.5.6. Camadafiltrante.....	29

2.5.7. Substrato.....	30
2.5.8. Níveldeplantas.....	32
2.6. Manutenção.....	34
2.7. Vantagens.....	35
2.7.1. Benefícios estéticoe amenizadores.....	35
2.7.2. Produçãodealimentos.....	35
2.7.3. Valorestético.....	35
2.7.4. Maiorvidaútil.....	36
2.7.5. Isolamento e eficiênciadeenergia.....	36
2.7.6. Biodiversidade.....	37
2.7.7. Gestão daágua.....	37
2.7.8. Redução dapoluiçãogatmosférica.....	37
2.7.9. Redução das ilhasde calor.....	38
2.8. Desvantagens.....	40
2.9. Aplicação doTelhadoverde.....	40
2.9.1. FAU-USP.....	40
2.9.2. PalácioGustavoCapanema.....	42
2.9.3. Universidade Tecnológica deNanyang,Singapura.....	43
2.9.4. Edificação de SantaMaria-RS.....	45
2.9.5. Ponto de ÔnibusdeFlorianópolis.....	46
2.9.6. ACROS- Edifício Asian Crossroads OvertheSea.....	48
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>
<b>4. ANÁLISE DE DADOSEDISSCUSSÕES.....</b>	<b>50</b>
4.1. LOCALIZAÇÃODOEDIFÍCIO.....	50
4.2. IMPLANTAÇÃO DOTERRAÇOVERDE.....	51
4.3. MÉTODODEEXECUÇÃO.....	51
4.3.1. SISTEMADEDRENAGEM.....	52

4.3.2. SUBSTRATO.....	54
4.3.3. PLANTAÇÃO DE MUDASEESPÉCIES.....	55
4.4. ÁREA DE IMPLANTAÇÃO.....	56
4.5. TEMPO DE EXECUÇÃO.....	59
4.6. ANÁLISE FINANCEIRA.....	60
4.6.1. ORÇAMENTO.....	60
4.6.2. TEMPO DE RETORNO (PAYBACK).....	63
4.7. ANÁLISE DE DESEMPENHO EM RELAÇÃO AO CONTROLE DE INUNDAÇÕES.....	69
4.7.1. ESTUDO DE DRENAGEM URBANA.....	69
4.7.2. DRENAGEM DO TERRAÇO VERDE.....	74
4.7.3. REDUÇÃO DA VAZÃO TOTAL DE DRENAGEM.....	75
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>
<b>APENDICE A- DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DO TERRAÇO VERDE</b>	<b>84</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento populacional trouxe grandes impactos na área urbana, tanto na redução de áreas naturais como também na construção civil acelerada para atender a demanda. A ocupação urbana, deformada e desordenada e urgente, acaba por alterar o equilíbrio do espaço construído e do espaço natural.

A humanidade, que antes tinha formas de construção menos agressivas ao meio ambiente utilizando apenas materiais naturais, tem, atualmente, técnicas construtivas cada vez mais desenvolvidas e, de certa forma, mais destrutivas ao meio ambiente.

Com essa evolução tecnológica alcançada, o homem se afasta cada vez mais das técnicas primitivas ou naturais, degradando, de forma assustadora, o meio ambiente.

O ser humano vem buscando soluções para reverter os problemas ambientais surgidos ao longo dos anos com o progresso tecnológico. Na construção civil, existem novas tendências de buscar renovações técnicas e de materiais alternativos que possam abrir novos caminhos para um futuro mais viável a todos.

O mundo precisa de profissionais que integrem arquitetura, ecologia e engenharia, que possam projetar edifícios mais passivos, que usem menos energia, e se possível, essa energia seja proveniente de fontes renováveis. É necessário que haja desenvolvimento de uma consciência, que vai além de uma formação profissional, de maneira que possa projetar e construir adequando as necessidades de construção juntamente propostas mais sustentáveis (Roaf, 2006).

Ao se estudar novas tecnologias, busca-se estimular profissionais atuantes na construção civil a buscarem alternativas de projetar e construir gerando um menor impacto, utilizando materiais renováveis e menos recursos naturais gerando, assim, menores impactos, tanto nos climas urbanos quanto na qualidade de vida da população.

Plantar coberturas em telhados e paredes é um dos mais inovadores campos de desenvolvimento na construção ambiental, dando vista as soluções climáticas e melhorando a qualidade de vida urbana. Uma cobertura verde consiste de vegetação e solo plantado sobre uma base impermeável, constituindo ainda camadas adicionais para as raízes, drenagem e sistema de irrigação. O primeiro benefício pode mudar geograficamente, com a gestão de tempestades surgindo como principal interesse em climas mais temperados e na redução de temperaturas mais quentes em climas tropicais (Nascimento, 2008).

No Brasil, o seu uso é pouco difundido, mas tem ganhado alguma popularidade por conta das possibilidades e benefícios que eles apresentam. Sua contribuição melhora no conforto térmico das edificações, contribui na filtragem e drenagem de águas pluviais, reduz o efeito das ilhas de calor, aumenta a fauna e a flora urbana, traz um bem estar psicológico da população diminuindo o estresse e a ansiedade (Savi e Tavares, 2013).

### **1.1. Problematização**

O crescente processo de urbanização em Curitiba e de sua região metropolitana tem provocado mudanças no balanço de energia, provocando modificações no clima. Vários fenômenos ligados a estas novas condições climáticas na cidade tais como o aumento de temperatura, poluição atmosférica, chuvas intensas, inundações, passam a fazer parte do cotidiano da população, tornando vulnerável a inúmeros problemas decorrentes.

Vários estudos realizados em Curitiba apontam estas alterações climáticas bem como os problemas a ela relacionados (Mendonça, 2001). A figura 01 representa o climograma de Curitiba em que a intensidade de chuva são maiores nos primeiros meses do ano.

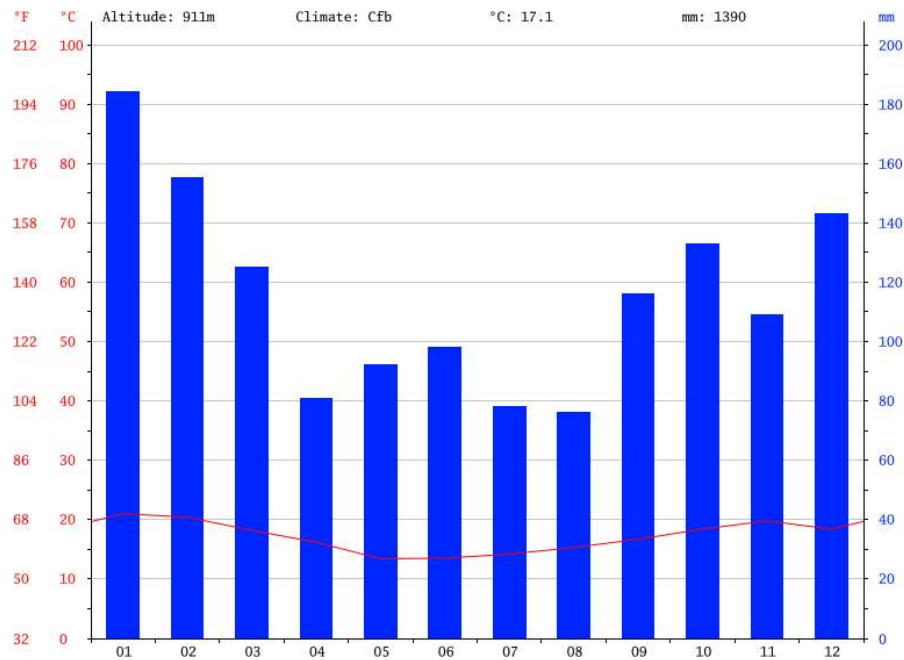


Figura 01- Climograma de Curitiba

FONTE: Climate-Data, 2010

### 1.1.1. Ilhas de Calor em Curitiba

As características climáticas de Curitiba, assim como todas as cidades no mundo, são condicionadas por fatores estáticos (latitude, altitude e proximidade com o oceano) e fatores dinâmicos (massa de ar e frentes), responsáveis pelo ritmo dos estados atmosféricos (Danni-Oliveira, 1999).

Curitiba caracteriza-se por apresentar temperaturas mais elevadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, quando a quantidade de energia solar disponível é maior e predomina na atuação de sistemas atmosféricos intertropicais. As temperaturas mais baixas ocorrem nos meses de junho, julho e agosto quando a energia solar é reduzida e predomina na atuação de sistemas atmosféricos polares (Mendonça, 2001).

As características climáticas da cidade são influenciadas pelos equipamentos que ela possui. As áreas onde concentram edifícios, trânsito de veículos, indústrias e pessoas, as temperaturas do ar tendem ser mais elevadas do que nas áreas verdes e de baixa densidade de edificações e pessoas. Foi realizada uma pesquisa de que a área central apresentou uma temperatura de 29°C, nos parques a temperatura foi de 25°C e na rodovia foi de 27°C, refletindo a interferência da intensidade de veículos (Danni-Oliveira, 1999). A figura 02 representa que a sensação térmica provocada pelas ilhas de calor são maiores em áreas urbanizadas, em áreas verdes como parques e zonas rurais, o efeito é menor.

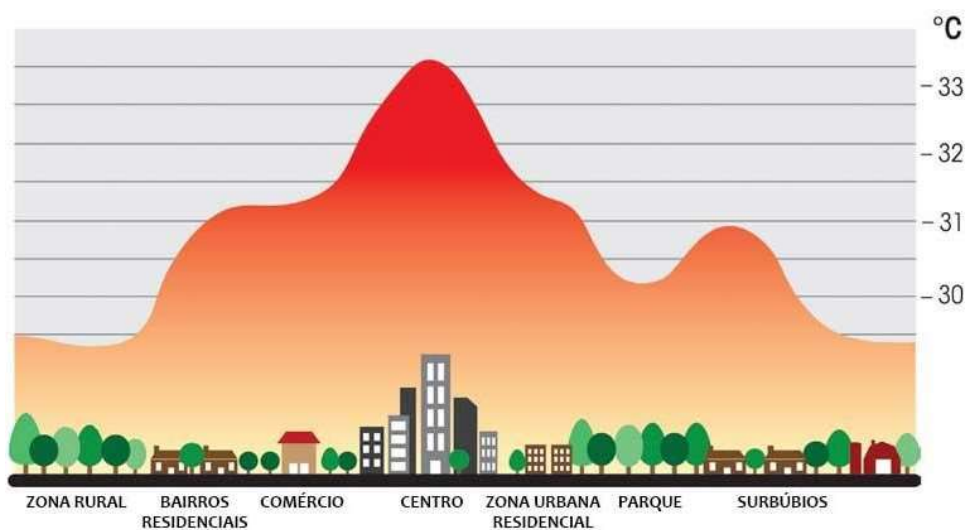


Figura 02- Sinais de aquecimento nas diferentes zonas da cidade

FONTE: Karla Cunha, 2014

Verificando os efeitos causados na temperatura pelas diferentes formas de uso do solo em uma escala topoclimática em pontos distribuídos em praça (área verde) e ruas (áreas construídas) no centro de Curitiba, evidenciaram que o ambiente de maior adensamento urbano corresponde aquele que houve o mais rápido aquecimento do ar, temperaturas registradas mostram temperaturas mais elevadas nas ruas e mais baixas nas praças (Cunico,2002).

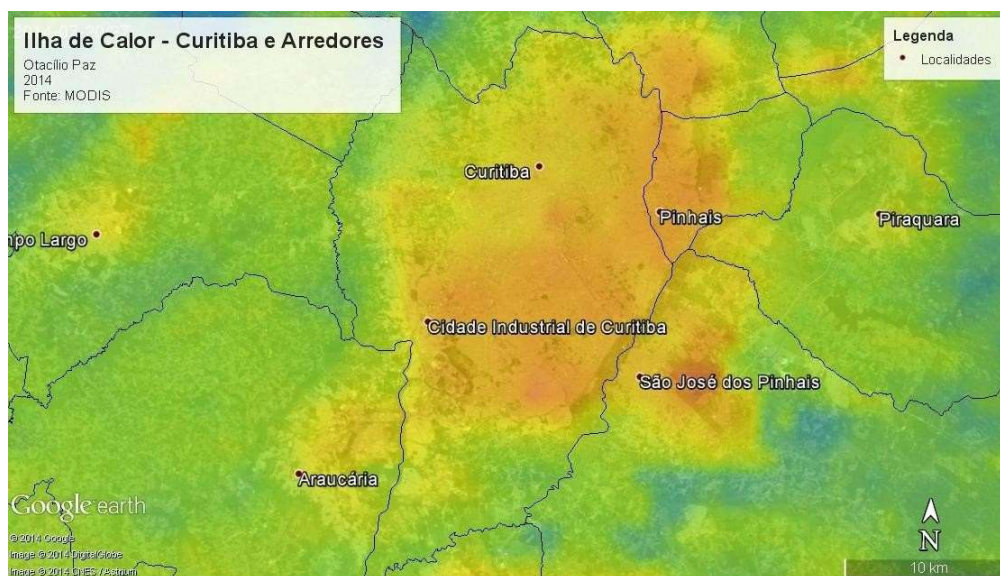


Figura 03- Formação de ilhas de calor em Curitiba

FONTE: Repositório Digital da UFPR, 2016

Temperaturas do ar elevadas provocam desconforto térmico e influenciam na saúde humana. Podem conduzir ainda, o desencadeamento de comportamentos humanos diversificados, sendo ele, um dos fatores do ambiente a influenciar o desenvolvimento desta patologia social da cidade (Mendonça, 2001).



Com relação às condições atmosféricas, Curitiba também apresenta problemas de poluição do ar. A qualidade do ar nos centros urbanos é determinada por um complexo sistema de fontes emissoras de poluentes, compostas por veículos e indústrias (Danni-Oliveira, 1999).

Segundo Danni-Oliveira, a poluição do ar pode provocar inúmeras doenças na população urbana. Foi realizado um estudo no centro da cidade de Curitiba, relacionando o índice de material particulado total (MPT) com doenças associadas à poluição nos períodos de julho a dezembro de 1996. Foram encontrados resultados de que as correlações mais significativas corresponderam às doenças respiratórias com valor de 0,78 (78%) para a faixa etária de mais de 50 anos, 0,76 (76%) para a faixa de 15 a 49 anos e 0,71 (71%) corresponderam à correlação com as doenças circulatórias. Os resultados encontrados indicam a interação entre as patologias e o MPT apresentando também a influência com outras variáveis como a condição social, local de residência, entre outras.

### **1.1.2. Inundações em Curitiba**

O impacto das precipitações constitui outro problema enfrentado nas grandes cidades, dadas às consequências geradas principalmente por eventos relacionados às inundações urbanas.



Figura 04- Evolução histórica das inundações em Curitiba

FONTE: Mendonça, 2015

Com relação à precipitação, Curitiba apresenta chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, embora o verão apresente maior concentração nos meses de janeiro e fevereiro. Já no inverno, um pouco menos chuvoso, apresenta o mês de agosto como o mais seco (Danni-Oliveira, 1999).

Danni-Oliveira (2001) evidenciou a variabilidade pluvial da cidade de Curitiba, principalmente em eventos extremos (mínimos e máximos). Esta variação se manifesta na cidade através de estiagens prolongadas e inundações gerando graves impactos sociais, perdas materiais e até mesmo vítimas fatais.

Cunico (2002), ao analisar episódios chuvosos nos anos de 1999 e 2000, observou vários registros de precipitação que causaram impactos. Os volumes de chuva ultrapassaram 60 mm, chegando a 143 mm provocando alagamentos e inundações de ruas próximas a rios e valetas, desmoronamento de pavimentos e trânsito interrompido.

Os casos de inundações em áreas urbanas, também afetam a saúde pública, Segundo Oliveira (2001), em pesquisa com Agência de Notícias da Secretária Municipal de Comunicação Social de Curitiba, foram registrados 139 casos de Leptospirose em 1997 e 86 casos da doença em 1998.

Os problemas relacionados às inundações urbanas e suas consequências se repetem a cada ano, e as propostas apresentadas para solucioná-lo são de ordem técnica, porém são necessários que considerem as relações sociais estabelecidas em sociedade.



Figura 05- Carros semissubmersos na área de estacionamento do Polloshop em Curitiba

FONTE: Jornal Gazeta do Povo, 2016

## **1.2. Justificativa**

A possível solução para reduzir os problemas que foram provocados por impactos urbanísticos seria a implantação do terraço verde nas edificações de Curitiba e ainda podem trazer benefícios socioeconômicos por ser uma tecnologia sustentável.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivos Gerais**

Elaborar uma análise de viabilidade, quanto aos aspectos socioeconômicos e ambientais, do sistema construtivo denominado terraço verde adotado para as edificações de Curitiba.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- A) Elaborar um cronograma de execução do terraço verde, analisando o tempo de execução e comparando com o sistema construtivo convencional;
- B) Fazer a análise financeira do sistema adotado;
- C) Fazer a análise de desempenho do terraço verde quanto ao controle de inundações, através de experimentos e cálculos de dimensionamento.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Definição**

O telhado verde é um sistema construtivo cuja aplicação é o substrato e a vegetação sobre uma camada impermeável com a função de cobertura de uma determinada edificação, podendo ser inclinado ou plano, é também denominado de cobertura verde, telhado vivo, jardim suspenso, dentre outros.

A integração de plantas vivas nas edificações é possível devido às novas tecnologias e materiais modernos e sua manutenção é simples, pois, na maioria dos casos, as plantas são perenes e não necessita de rega ou poda.

Além disso, uma cobertura verde pode ser capaz de diminuir as enxurradas, amenizar o calor nas edificações durante o verão e se conservam durante o inverno, esse método construtivo pode ser aplicado em residências, escritórios, indústrias e outros centros comerciais.

Vale lembrar que deve se dar atenção ao cálculo estrutural, pois mesmo que o sistema construtivo seja considerado leve, existe uma sobrecarga na estrutura.

De acordo com a lei 18112/15 (Lei do Telhado Verde-Recife), em projetos de edificações multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400 m<sup>2</sup> de área coberta, deverá prever uma implantação do telhado verde da seguinte forma:

- No pavimento destinado a estacionamento de veículos das edificações, cuja área não seja contável como área construída, desde que não sejam cobertas as áreas de solo permeável, seja respeitado um afastamento mínimo de 1 metro e Máximo de 3 metros em relação a lamina do pavimento coberto;
- Nas áreas de lazer situadas em lajes de piso, tenha um percentual de 60% e nas áreas de lazer em pavimento de cobertura, tenha percentual mínimo de 30% de superfície descoberta.

Ainda de acordo com essa lei, os lotes com áreas superiores a 500 m<sup>2</sup>, deverá ter uma área impermeabilizada superior a 25% da área total do lote e deverão ser executados reservatórios de águas pluviais como condição de aprovação para projetos iniciais.



Figura 06- Cobertura verde aplicado no edifício Casa América em Porto Alegre

FONTE: UNASP, 2016

## 2.2. Histórico

Antigas civilizações, como a Mesopotâmia e os romanos, desenvolveram inicialmente jardins ornamentais nos telhados, sendo os mais famosos jardins suspensos da Babilônia (Nigel Dunnet, 2004).

O concreto e os materiais utilizados para cobertura plana passaram a se desenvolver em meados 1800, na Europa e na América. Em 1868, foi desenvolvido, em Paris, um projeto de concreto com cobertura natural, sendo este, um projeto experimental que passou a ser exibido pelo mundo todo.

A partir do século XX, o arquiteto Le Corbusier foi o primeiro a usar coberturas verdes nos anos 20, mas somente dentro do contexto de construções de elite, ou seja, para clientes de classe alta.

Nesse mesmo século, tecnologias possibilitaram a construção de praças urbanas que tinham um enorme efeito paisagístico sobre pátios de estacionamento, ruas metrô etc.

Na região da Escandinávia sempre se usaram lama e terra como materiais tradicionais, apartamentos cobertos com lama começaram a brotar grama, produzindo o efeito do telhado verde. A combinação de solo e gramíneas coberturas Escandinavas ajudou a reduzir a perda de calor durante o inverno.

Imigrantes Escandinavos trouxeram essa ideia para os Estados Unidos e Canadá sendo visto como um material disponível e barato para a construção, junto

com cascas e gravetos que servia para drenagem de águas pluviais em casas e chalés.

A combinação entre uma consciência pública ambiental, a pressão de grupos ecológicos e pesquisas científicas, produziu não só a tecnologia e o significado do desenvolvimento das coberturas verdes, mas também uma social e política situação econômica.

Nos anos 70, o arquiteto paisagista alemão Hans Luz, propôs o telhado verde como parte de uma estratégia de melhoramento ambiental urbano, não sendo visto apenas como estética. A partir disso, os alemães previram enormes quantidades de folhagens em blocos de torres, todas as coberturas de apartamentos plantadas e plantas penduradas em sacadas e topo de telhados.

A pesquisa da cobertura verde alemã começou nos anos 50 como parte do movimento de reconhecimento do valor energético e ambiental do habitat urbano e em particular os benefícios das plantas e coberturas, para a conservação de energia e minimizar a falta de água.

Então o crescimento das plantas nas coberturas está deixando de ser movimentos ambientais alternativos e encontrando rigor científico e evolução econômica.

As coberturas verdes estão começando a se estender por maiores e menores extensões em muitas regiões do mundo, sendo que os fatores de motivação da implementação do sistema podem variar de acordo com o clima, cultura e política, e também os resultados dos níveis e tipos de incentivos para promovê-los vão variar.

Na Alemanha, o incentivo que impulsionou ao adotar esse sistema foi ambiental, para minimizar a perda de habitat e paisagens naturais. Na América do Norte, houve incentivo econômico, por ter um custo mais eficaz que o padrão de técnicas de engenharia. Na Noruega, os telhados verdes são vistos como patrimônio nacional e são ligados à proximidade com a natureza. Essas diferenças refletem a política, cultura e estrutura econômica de vários países e regiões.

## 2.3. Tipos de Coberturas Verdes

Existem, basicamente, três tipos de telhado verde, o intensivo, o extensivo e o semiextensivo.

### 2.3.1. Telhado Verde Intensivo

De acordo com a *International Green Roof Association* (INGRA) cobertura intensiva é aquela que se instalam vegetações que vão precisar de cuidados posteriores como rega, uso de fertilizantes, poda etc. precisam de uma camada de solo mais profundo, de acordo com a necessidade da planta, de 15 a 21 cm e o peso específico da camada de vegetação é de 120 kg/m<sup>2</sup>.

As coberturas intensivas formam uma proteção dos edifícios e construções afins, protegendo a impermeabilização de formaduradura, ela possui as seguintes características:

- Belo efeito paisagístico;
- Condições de distribuição e aproveitamento comparados as de qualquer jardim ao ar livre;
- São plantados desde pequenas plantas até arbustos e árvores;
- Requerem grande quantidade de água.



Figura 07- Telhado verde intensivo

FONTE: GSD Engenharia, 2018



### 2.3.2. Telhado Verde Extensivo

A cobertura extensiva é aquela na qual se aplica uma vegetação que, após consolidada, não requer cuidados constantes ou especiais. A camada de vegetação tem aproximadamente 10 cm e as plantas são rasteiras como gramíneas.

Esse tipo de cobertura possui as seguintes características:

- São leves e finos, comparados às coberturas intensivas e apresentam uma aparência mais natural;
- Empregam-se plantas simples do tipo gramíneas que são capazes de se adaptarem de forma satisfatória a secas extremas;
- Não requer grande quantidade de água, neste caso, necessitam de camadas drenantes e detentoras de água.



Figura 08- Telhado verde extensivo

FONTE: Projeto Habitíssimo, 2014.

### 2.3.3. Telhado Verde SemiExtensivo

As coberturas semiextensivas são aquelas que usam substrato de pouco peso e uma moderna tecnologia de construção, mas possuem camadas ligeiramente profundas e permitem uma escala mais ampla de espécies diversificadas de plantas como herbáceas.

Observa-se que a diferença entre os tipos de cobertura verde não esta apenas na aparência visual, mas no peso específico de cada uma.

As coberturas extensivas são mais leves, com camadas de 5 a 15 cm de espessura implicando numa carga de telhado de 70 a 170 kg/m<sup>2</sup>.

As coberturas intensivas têm mais peso e sérias implicações estruturais com camadas acima de 15 cm de espessura implicando numa carga de telhado de 290 a 970 kg/m<sup>2</sup>.

A escolha de qual tipo de cobertura será viável, esta diretamente ligada com a capacidade de suportar a carga da estrutura da cobertura da edificação, e nas construções já existentes, deve-se pensar na capacidade de carga da própria cobertura e analisar se ela esta preparada ou necessita de reforços.

	<b>Cobertura verde-extensiva</b>	<b>Cobertura verde Semi-Intensiva</b>	<b>Cobertura verde Intensiva</b>
<b>Manutenção</b>	Baixa	Periódica	Alta
<b>Irrigação</b>	Não	Periódica	Regularmente
<b>Plantas comunitárias</b>	Musgos-Sedum-Herbáceas e Gramas	Gramas-Herbáceas e Arbustos	Gramado Perene, Arbustos e Árvores
<b>Sistema de altura desenvolvida</b>	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm on underground garages > 1000 mm
<b>Peso</b>	60 - 150 kg/m <sup>2</sup> 13 -30 lb/sqft	120 - 200 kg/m <sup>2</sup> 25 - 40 lb/sqft	180 - 500 kg/m <sup>2</sup> 35 - 100 lb/sqft
<b>Custo</b>	Baixo	Médio	Alto
<b>Uso</b>	"Proteção Ecológica da camada"	"Designado à cobertura verde"	"Parque parecido com jardim"

Quadro 01- Características dos tipos de cobertura verde

Fonte: INGRA, 2014

Para que o estabelecimento da cobertura verde tenha sucesso eumalonga duração da vegetação, é crucial considerar as condições locais. A colônia de plantas depende:

- Condições do terreno;
- Altura e inclinação da cobertura;
- Clima predominante;
- Exposição do vento;
- Poluição atmosférica;
- Variação de temperatura;
- Iluminação local;
- Condições de umidade.

## **2.4. Classificação quanto à inclinação**

Os telhados verdes ainda podem ser classificados de acordo com a sua inclinação (Minke, 2005):

### **2.4.1. Telhado plano**

Telhados com até 5% de inclinação, neste tipo de telhado, a vegetação fica mais propensa à umidade. Sua execução é mais demorada, pois exige uma drenagem especial através da manta para conduzir o excesso e água acumulada.

### **2.4.2. Telhado de inclinação moderada**

Telhados com mais de 5% até 35% de inclinação, a execução é mais fácil e econômico, não necessita de drenagem especial, o substrato tanto armazena água como conduz o excesso, para que isso ocorra, deve-se agregar materiais porosos para drenagem como pedra pomes ou argila expandida.

### **2.4.3. Telhado de inclinação acentuada**

Telhados com 36% até 86% de inclinação, neste tipo de telhado, devem possuir barreiras que evitem deslizamentos no substrato.

## **2.5. Composição da Cobertura Verde**

O telhado verde possui uma composição básica que constitui: estrutura, impermeabilização, drenagem, substrato e vegetação, porém os materiais empregados para cada uma dessas camadas podem variar quanto ao seu impacto ambiental e ciclo de vida.

Para o dimensionamento da construção do telhado verde, é preciso analisar as cargas sobre o mesmo, considerando o peso da drenagem, substrato e cobertura vegetal, um telhado verde com 10 cm de espessura pesa aproximadamente 100 kg/m<sup>2</sup> (Savi e Tavares, 2013).

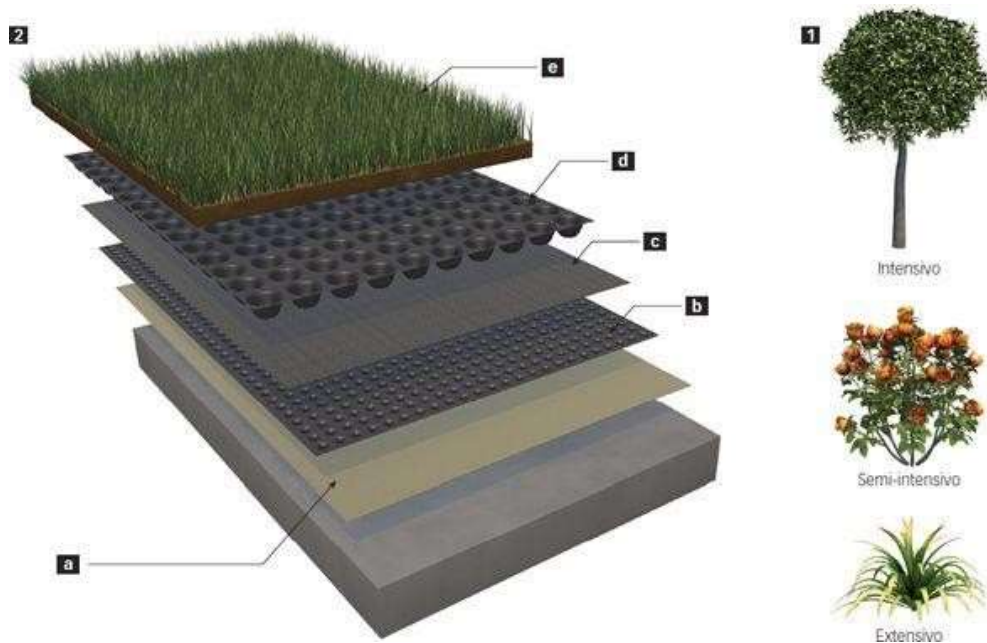


Figura 09- Camadas que constitui o telhado verde

FONTE: Infraestrutura urbana - PINI, 2011.

Um sistema profissional leva ao desenvolvimento ambiental crescente na cobertura que compensa para as plantas a terem o ambiente natural que garante confiança e funcionalidade ecológica por décadas. Os sistemas de desenvolvimento da cobertura verde contem as seguintes camadas funcionais:

### 2.5.1. Estrutura

A estrutura que irá sustentar o telhado verde pode ser de diferentes tipos de materiais, como laje de concreto, placa cimentícia, *steel deck*, estrutura de madeira, bambu, dentre outros. Porém, a resistência deve ser compatível a carga do sistema de telhado verde.

Para isso, o sistema estrutural adotado deve obedecer às exigências de suas respectivas normas da ABNT.

Alem disso, deverá ser levado em consideração, não apenas as cargas permanentes previstas, mas também as cargas acidentais como circulação de pessoas e outros elementos pontuais (Minke, 2005).

### **2.5.2. Impermeabilização**

A impermeabilização deve ser compatível com a estrutura definida para o telhado verde.

Os impermeabilizantes podem ser flexíveis ou rígidos, e tem o objetivo de proteger as construções contra a ação de fluidos e elementos nocivos a construção, ela é composta por um conjunto de camadas, com funções específicas (ABNT NBR 9575, 2003).

Para lajes de concreto armado, o mais utilizado é a manta asfáltica, para estruturas em chapas de madeira, é utilizado manta de polietileno de alta densidade (PEAD).

O escoamento superficial de superfícies impermeabilizadas deve possuir uma inclinação de 1% na direção do ralo (ABNT NBR 9575, 2003).

De acordo com a análise do ciclo de vida do telhado verde, o telhado do tipo extensivo possui um impacto ambiental menor que o telhado do tipo intensivo, isso decorre da espessura do sistema e de sua manutenção. Para a redução de possíveis impactos, é preciso explorar materiais alternativos que não seja à base de polímeros como polietileno e polipropileno (Bianchini e Hewage, 2011).

É possível também eliminar materiais a base de petróleo por outros com menor impacto (Vecchia, 2005).

### **2.5.3. Barreira pararaízes**

Também chamada de membrana antirraiz, ela protege a cobertura de construção de não serem danificadas pelas raízes. É possível também utilizar a manta de polietileno de alta densidade (PEAD) para conter as raízes das vegetações e impermeabilizar a estrutura simultaneamente.

### **2.5.4. Camada deproteção**

Promove uma proteção resistente à perfuração, ela previne a danificação mecânica da barreira de raízes e da cobertura durante a construção.

Quando a base da manta antirraiz é desuniforme ou rugosa, deve-se colocar um feltro ou uma camada de areia para uniformizar a camada e evitar possíveis danos na manta (Minke, 2005).

### **2.5.5. Camada dedrenagem**

Permite que o excesso de água escoe para os drenos, além disso, ela pode ser usada como armazenamento de água ou alargamento das zonas de raízes. Os elementos de drenagem, devido à restrição de peso, são feitos com materiais leves como borracha e plástico.

Entretanto, os melhores materiais a serem utilizados são os mais porosos e que possuem a capacidade de absorver água como a argila expandida (Minke, 2005).



Figura 10- Camada drenante sendo preenchida com cascalho para reter água pluvial

FONTE: Ecotelhado, 2018.

A diferença entre os telhados verdes do tipo intensivo e extensivo no escoamento de água pluvial, o primeiro pode reduzir 85% do escoamento da água e do tipo extensivo, pode reduzir 60% (Kosareo e Ries, 2007).

#### **2.5.6. Camada filtrante**

A camada filtrante separa as camadas de planta e substrato da camada drenante abaixo, ela possui a função de reter, por meio de uma folha de filtro, matéria orgânica e húmus e garante com que a camada de drenagem não seja entupida com o solo (substrato) aplicado na construção.

#### **2.5.7. Substrato**

É a base do telhado verde, essa camada necessita de uma profundidade suficiente para adequar as zonas de raízes, o abastecimento de nutrientes e um bom balanceamento da relação água-ar.

Os principais requisitos do substrato são:

- Tamanho dos grãos;
- Proporção da matéria orgânica;
- Resistência a intempéries;
- Estabilidade estrutural;
- Resistência à erosão provocada pelo vento;
- Permeabilidade de água;
- Capacidade máxima de retenção de água;
- Nutrientes satisfatórios;
- pH bom.

Para coberturas extensivas, podem ser utilizados substratos orgânicos ou inorgânicos (Nascimento, 2008).

Os substratos orgânicos são compostos por matéria vegetal, dentre eles estão, casca de pinheiro, fibras de coco, casca de arroz, resíduos de podas, dentre outros.

Os substratos inorgânicos são os mais adequados para o sistema de cobertura verde, dentre eles estão, argila expandida, material vulcânico (pedrapomes), vermiculita, dentre outros.

O substrato deve ser drenante, leve e poroso, entretanto, deve ter a capacidade de reter água para aumentar a sobrevivência das plantas (Farrell, 2012).

A espessura ou profundidade do substrato também influencia o desempenho térmico da cobertura, assim como o aumento da umidade do solo devido ao processo de resfriamento evaporativo (Saadatian, 2013).





Figura 11- Execução do substrato

FONTE: Ecotelhado, 2018.

Um dos fatores que influencia o desempenho do telhado verde é a densidade, se o substrato é mais denso, a condutividade térmica e o fluxo de calor do solo aumentam, portanto, quanto mais denso é o substrato melhor será o desempenho térmico (Saadatian,2013).

#### **2.5.8. Nível deplantas**

Depende da seleção de plantas e dos tipos de plantação. A seleção de plantas depende do substrato, das condições locais, manutenção disponível e aparência desejada.



Figura 12- Jardim de cobertura

FONTE: Portal 44 Arquitetura, 2017.

A escolha de vegetações, ainda deverá levar em conta, alguns outros fatores: resistência a seca ou a frio, altura de crescimento da vegetação (Minke, 2005).

Em coberturas verdes extensivas, exige baixa manutenção, usam-se plantas resistentes à radiação solar, exposição ao vento, secas, baixa quantidade de suprimentos e as áreas para raízes são limitadas. As principais variedades de plantas são *Sedum*, *Sempervivum*, *Saxifraga* que são plantas suculentas capazes de se adaptar aos ambientes de montanha seca, costas, pradarias. Outras espécies também podem ser selecionadas nesta cobertura, como *Dianthus*, *Asteraceae* gramas ornamentais.

Em coberturas verdes intensivas, é possível a formação de uma grande variedade de plantas, porém elas precisam ser resistentes à intensa radiação solar, aos ventos fortes e vai exigir mais manutenção. Plantas como herbáceas, perenes e arbustos permitem uma característica natural do telhado.

Com relação à plantação, podem-se semear sementes, plantar mudas, plantas que tem raiz em bulbo ou plantas pré-cultivadas. O período recomendado para plantar é do início da primavera até o final do verão, sendo que no verão, é preciso providenciar água suficiente para suprir o período de baixa precipitação.

A análise das características das plantas é considerada um dos parâmetros mais importantes para verificar a transferência de calor do telhado verde, podendo ser medido através do índice de área foliar (IAF), resistência estomática, fração de cobertura, albedo (Saadatian, 2013).

O IAF esta ligada a idade das plantas, a espécie vegetal e a sua capacidade de cobertura, podendo variar de 0,5 a 5. A resistência estomática determina a taxa de umidade das plantas, a fração de cobertura é a fração que o telhado verde esta coberto por folhas e o albedo é a capacidade de refletir a energia solar incidente sobre a superfície das folhas (Saadatian, 2013).

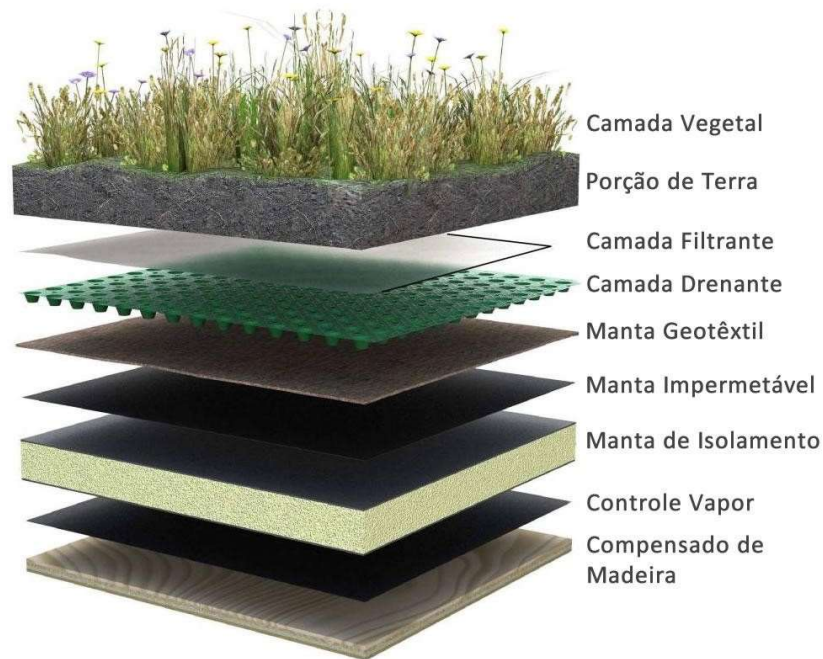


Figura 13- Detalhamento das camadas do telhado verde

FONTE: Portal 44 Arquitetura, 2017.

## 2.6. Manutenção

Para assegurar um longo período de funcionalidade e estética da cobertura verde, é importante providenciar medidas de manutenção.

Primeiramente é importante ter água suficiente durante as estações secas e replantar se houver necessidade, em seguida, deve dar suporte para o desenvolvimento da vegetação, retirar as plantas parasitas e aparar o perímetro da cobertura.

Para vegetações extensas, a manutenção deve ser feita uma vez por ano, para vegetações intensivas vai exigir maior manutenção e serviço durante o ano.

## **2.7. Vantagens**

A cobertura verde, além de ter a capacidade de recuperar e proteger o meio ambiente possui as principais vantagens:

### **2.7.1. Benefícios estéticos e amenizadores**

Pode ser utilizadas como áreas de recreação e lazer se a capacidade de receber carga for suficiente e bem planejada.

Os telhados verdes proporcionam oportunidades de lazer e convivência, além do apelo estético desse tipo de convivência e ajuda melhorar a qualidade urbana (Saadatian et al., 2013).

### **2.7.2. Produção de alimentos**

As coberturas oferecem uma oportunidade de plantarem alimento saudável, particularmente em áreas de alta densidade urbana onde em espaços de pequenos jardins podem substituir plantas ornamentais por alimentos.

### **2.7.3. Valor estético**

As coberturas urbanas de arranha-céus de grandes metrópoles tem um potencial de serem transformados em gramados, jardins ou horticulturas onde for possível o acesso para realizar irrigações ou manutenções necessárias. Além disso, trazem benefícios sociais, o efeito terapêutico de plantas ao redor do ambiente é conhecido e considerado, reduz o stress, reduz a pressão arterial, alivia tensões musculares e traz aumento de sentimentos positivos.

#### **2.7.4. Maior vidaútil**

Materiais para cobertura convencional podem envelhecer e reduzir sua durabilidade quando estão expostos ao aquecimento do sol, pois eles absorvem muita radiação, as coberturas verdes possuem mais durabilidade quando expostos ao sol, as plantas são serem autótrofas, usam a luz do sol para produzirem seu próprio alimento.

O telhado verde protege a membrana de impermeabilização dos telhados quanto a influencia externa, impedindo o envelhecimento acelerado provocado pela radiação UV (ultravioleta), a vida útil da impermeabilização é de 20 anos e os telhados verdes tem a capacidade de dobrar a vida útil da camada (Breuning, 2014).

Os telhados verdes são capazes de refletir 27% da radiação solar e absorver 60% através da fotossíntese (Wong, 2003).

#### **2.7.5. Isolamento e eficiência de energia**

A cobertura vegetal provoca um efeito isolador, reduzindo o aquecimento do sol e isso causa um resfriamento no ambiente interno e conseqüentemente, economiza no uso de ar condicionado diminuindo o gasto energético.

Os telhados verdes podem auxiliar no isolamento térmico da edificação e, como consequência, auxiliar na conservação de energia, o substrato, a planta adotada para o sistema, drenagem e estrutura são fundamentais que influenciam no desempenho térmico do telhado verde (Moody e Saylor 2013).

Os telhados verdes contribuem para a proteção da edificação quanto a radiação solar, pois, as folhas refletem a radiação, como fonte de alimento para elas, por meio de fotossíntese, assim protege a cobertura. Além disso, a cobertura funciona como um sistema de resfriamento evaporativo devido a essa evapotranspiração realizada pelas plantas e a retenção de água da chuva pelas raízes, caules, folhas e no substrato (Machado, 2013).

A aplicação de plantas na superfície dos edifícios é considerada uma técnica que reduz a temperatura da edificação em até 20°C e reduz também a energia gasta com ar condicionado variando de 25% a 80%. Neste caso, observa-se que o telhado verde possui uma grande contribuição nos dias de verão, pois a principal função é evitar que a radiação solar aqueça os espaços internos da edificação (Wong, 2003).

#### **2.7.6. Biodiversidade**

A cobertura verde pode ser usada como um habitat para uma variedade de plantas de espécies que, muitas vezes estão em risco nas áreas urbanas ou em locais preservados. O telhado verde extensivo pode ser um bom habitat para pássaros e plantas.

#### **2.7.7. Gestão da água**

A água pluvial que cai em solo com vegetação é quase totalmente absorvida pelo solo, depois pelas plantas e, através da transpiração, pela atmosfera, com isso, é possível conter as enchentes em grandes centros urbanos e reaproveitar a água pelo sistema de drenagem que a cobertura apresenta.

Nos períodos de precipitação, a vegetação, o substrato e a camada de drenagem projetada na cobertura podem absorver quantidades significativas de água que foi escoada (Cantor, 2008).

Um telhado verde consegue reter 14 mm de água pluvial, essa quantidade fica retida para depois iniciar o escoamento, diminuindo a velocidade de escoamento e desentupindo os sistemas de drenagem (Cunha e Mendiondo, 2004).

#### **2.7.8. Redução da poluição atmosférica**

Vegetações em áreas urbanas podem filtrar partículas de gás carbônico na superfície das plantas.

O principal gás causador do efeito estufa é o CO<sub>2</sub> e a maioria das edificações é responsável por cerca de 50% de emissão (Roaf, 2006) a vegetação, pelo processo da fotossíntese, absorve carbono e libera o oxigênio. Além disso os gases poluídos são dissolvidos pelas folhas das plantas.

A presença de metais pesados constitui um problema particular em áreas urbanas, mas as coberturas verdes podem ter um importante papel amenizando seus efeitos. Com o telhado verde, há uma redução da contaminação de água da chuva quando comparada com os telhados tradicionais, ele reduz 1,5 vezes a quantidade de zinco, 2,5 vezes a quantidade de cádmio e 3 vezes a quantidade de cobre e chumbo (Saadatian et al., 2013).

### **2.7.9. Redução das ilhas de calor**

O aumento das edificações e áreas pavimentadas nas cidades está na frente na formação do específico clima urbano, provocando maiores temperaturas à noite, aumento da umidade e ar poluído devido a maior concentração de partículas em suspensão.

As residências em áreas urbanas possuem, na maioria, coberturas cerâmicas, concreto ou metálico, que diminui a absorção de umidade, com isso, eleva a temperatura do ambiente e o que está em volta da edificação e, conseqüentemente usam-se sistemas artificiais de refrigeração (Minke, 2005).

O efeito da ilha de calor cria um efeito vicioso de concentração de energia urbana, quando aumenta a temperatura, aumenta o uso do ar condicionado (Liu, 2012).

Uma laje com aplicação de impermeabilizante da cor preta pode chegar a uma temperatura superficial de mais de 90°C, porém sua temperatura durante a noite cai para 10°C. Uma cobertura vegetada não ultrapassa 25°C durante o mesmo dia de análise e durante a noite a temperatura fica próxima de 15°C. Pode-se concluir que a temperatura de uma cobertura vegetada garante um clima no interior da edificação mais agradável devido a menor variação de temperatura (Minke, 2005).

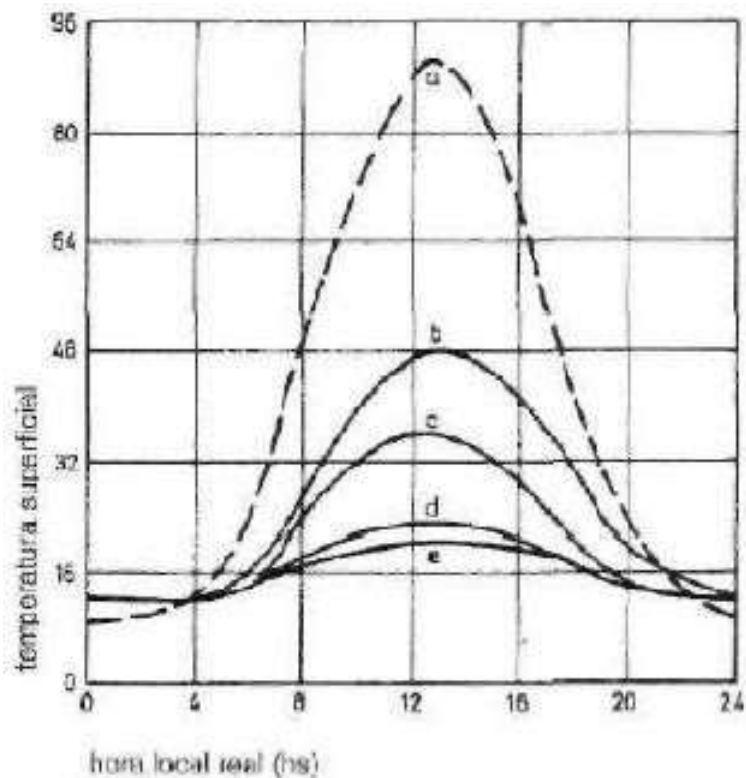


Figura 14- Temperaturas medidas em diferentes tipos de cobertura

FONTE: Adriane Savi, 2015.

- a) Laje betumada;
- b) Cascalho;
- c) Tinta clara;
- d) Planta artificial;
- e) Cobertura vegetada.

Observa-se que as construções verdes não só reduzem a temperatura e economizam energia, mas também ajudam no controle do clima, melhoram a paisagem visual, criam um ambiente ecológico de maior biodiversidade, retarda a velocidade de escoamento das águas pluviais, protegem os edifícios, reduzem a poluição do ar e reduzem os ruídos externos (Liu, 2012).



## **2.8. Desvantagens**

Entretanto, o telhado verde, assim como todos os sistemas construtivos, possui as seguintes desvantagens:

- Manutenção específica;
- Custo alto;
- Restrições na estrutura;
- Mão de obra especializada.

## **2.9. Aplicação do Telhado verde**

### **2.9.1. FAU-USP**

Foi realizada uma pesquisa pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo (FAU-USP) sobre a aplicação da cobertura verde em alguns edifícios de São Paulo.

A condição presente da biodiversidade de São Paulo é preocupante, mas começam a surgir medidas que tentam reverter essa situação, as espécies ameaçadas pela expansão urbana, se expandem indevidamente por todo o território e são muito propícias ao estudo de viabilidade do telhado verde apresentando carga leve, rusticidade, resistência à insolação direta e a falta de água.

As famílias de plantas que essa pesquisa apresentou são espécies originais dos campos paulistas que, além de serem altamente ameaçadas pela destruição de seu habitat, são bem adaptadas a ambientes rústicos ensolarados, essas espécies pertencem ao bioma Cerrado e se adaptariam melhor nas construções de telhado verde da capital paulista. Dentre essas espécies estão as *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*.



Figura 15- Espécie de planta da família *Asteraceae*, adaptado no cerrado paulista.

FONTE: FAU-USP, 2011.

Existe um lei em São Paulo que visa reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem para evitar ocorrências de inundações e minimizar a vazão das cheias, essa lei é popularmente conhecida como “lei das piscininhas” em que as residências devem adotar um reservatório de armazenamento de águas pluviais, cujo volume seja, no mínimo,  $0,009\text{m}^3/\text{m}^2$  de superfície da cobertura. A capacidade de armazenamento de água dos telhados verde extensivos é de  $0,025$  a  $0,035\text{ m}^3/\text{m}^2$  de superfície da cobertura, portanto com a aplicação do telhado verde, ela pode substituir essa lei deformável.

Os efeitos benéficos do telhado verde para a cidade de São Paulo a curto de médio prazo são ilusórios, pois, é necessária uma aplicação massiva desta tecnologia. No momento, a aplicação dos tetos verdes é utilizada apenas para efeito de marketing e vendas e valorização do imóvel. Para a capital paulista, o aumento da área verde em ambientes muito construídos e a prevenção de enchentes são as necessidades prioritárias de serem solucionadas com os telhados verdes.



Figura 16- Telhado verde construído no edifício Matarazzo

FONTE: FAU-USP, 2011.

### **2.9.2. Palácio Gustavo Capanema:**

O arquiteto francês, Le Corbusier, foi quem desenvolveu a técnica a ideia de terraços jardins, com a intenção de compensar a pegada ambiental causada pela construção do terreno e proporcionar uma qualidade de vida para as pessoas através das áreas de lazer verdes. O conceito dessa técnica passou a ser considerado um dos 5 pontos fundamentais da nova arquitetura e com sua grande difusão, que serviu de influência para vários outros arquitetos.

Desenvolvido por Lucio Costa, Ernani Vasconcellos, Oscar Niemeyer e dentre outros profissionais, a sede do Ministério da Educação (Palácio Gustavo Capanema) é um dos exemplares que serviu de inspiração para as ideias de Le Corbusier. Nessa construção, é possível identificar os 5 pontos da arquitetura: Térreo com pilotis, estrutura independente, aberturas horizontais, terraços jardins e fachada livre. Os arquitetos brasileiros criaram a primeira e mais significativa obra da arquitetura moderna sustentável brasileira.

Considerado um marco inaugural, a sede do Ministério da Educação carrega qualidades essenciais da arquitetura moderna mundial, como a recuperação e releitura de elementos tradicionais como azulejos, o amolecimento da geometria rígida pela adoção da linha curva diagonal, articulação entre volumes desenhados, cujas formas se complementavam e contrastavam a integração entre os espaços externos e internos entre a arquitetura e a natureza.

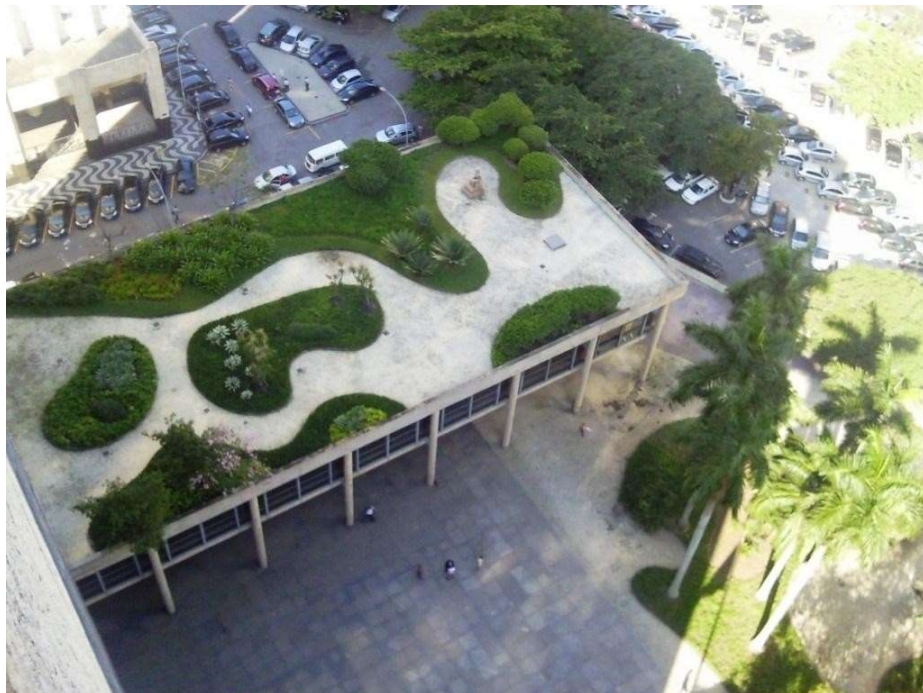


Figura 17- Palácio Gustavo Capanema

FONTE: Claudia Bartelle Arquitetura, 2018.

### **2.9.3. Universidade Tecnológica de Nanyang, Singapura:**

A escola de arte, design e comunicação, parte da Universidade Tecnológica de Nanyang, é um exemplo de arquitetura sustentável, os 5 andares são cobertos por uma extensa camada vegetal que se integra ao meio ambiente e oferece as pessoas, uma possibilidade de lazer ao ar livre.

Alem da estética, o telhado com grama traz benefícios mantendo o equilíbrio interno da temperatura e drena a água capturada da chuva, que é reutilizada para própria limpeza do campus. Isso faz com que não apenas o prédio se beneficie, mastambém os centros urbanos próximos do local, pois o sistema reduz a poluiçãoambiental.

A fachada deste edifício é coberta por vidros especiais, que fazem um bom proveito dos raios solares, fazendo com que o edifício receba mais iluminação natural, diminuindo assim, o gasto de energia elétrica.



Figura 18- Universidade Tecnológica de Nanyang, Singapura

FONTE: Ecotelhado, 2018.

#### **2.9.4. Edificação de Santa Maria-RS**

A cidade de Santa Maria, localizada no centro oeste do Rio Grande do Sul, apresenta um clima subtropical úmido, com verões quentes, com temperaturas próximas de 41°C nos meses de dezembro e janeiro. A orientação solar influi decisivamente no desempenho térmico das edificações e, conseqüentemente, para que não haja projeção da radiação solar direta no interior dos ambientes, o telhado verde funciona como um anteparo que permite o sombreamento na face da edificação (Vergara e Barbosa,2009).

O uso adequado dessas radiações solares pode economizar energia para resfriamento e aquecimento dos ambientes colaborando um melhor conforto e qualidade de vida do usuário.

Além disso, a cidade apresenta umidade relativa do ar de 85% em abril e 75% em janeiro (Vergara e Barbosa, 2009).

Foi realizada uma aplicação do telhado verde de uma residência já existente e constatou-se que se trata de uma alternativa técnica e economicamente viável para o clima da região para as edificações no local. Os benefícios ambientais desse sistema ultrapassam a própria residência e atingem todo o entorno, melhorando a qualidade do ar, incorporando e integrando uma harmonia entre vegetação e áreas edificadas e diminuindo o consumo de energia dentro de uma edificação (Vergara e Barbosa, 2009).

Levando em consideração o clima local, foram usadas leivas nativas, pois elas apresentam melhores condições de adaptação, bem como o baixo custo de manutenção e exige camadas menos espessas e mais leves para a estrutura, a camada drenante foi executada através de tijolos de demolição, reaproveitando o material, e misturada com argila expandida para evitar possíveis infiltrações (Vergara e Barbosa, 2009).



Figura 19- Vista do telhado verde

FONTE: Vergara e Barbosa, 2009.

### **2.9.5. Ponto de Ônibus de Florianópolis**

Um novo modelo de ponto de ônibus foi desenvolvido pelo Núcleo de Paisagismo ACIF (Associação Comercial e Industrial de Florianópolis), esse modelo foi baseado em cidades como Amsterdã, Paris, Boston, Miami, trazendo inovação para o país.

A estrutura do ponto de ônibus feita em aço tem bancos feitos com chapa de madeira plástica, com um espaço para facilitar a acessibilidade dos cadeirantes e a possibilidade da instalação de um bicicletário. Consiste em uma estrutura 100% reciclável com placas fotovoltaicas e telhado verde irrigado com água pluvial.

A irrigação da cobertura pelo reuso da água ajuda a reduzir as ilhas de calor e filtra a poluição atmosférica. A geração de energia é feita por placas fotovoltaicas e permite o funcionamento da irrigação da cobertura verde, bem como carregamento de aparelhos eletrônicos via USB e iluminação do ambiente feita com lâmpadas de LED.



Figura 20- Esquema do Projeto do novo modelo do ponto de Ônibus

FONTE: Ciclovivo,2018.

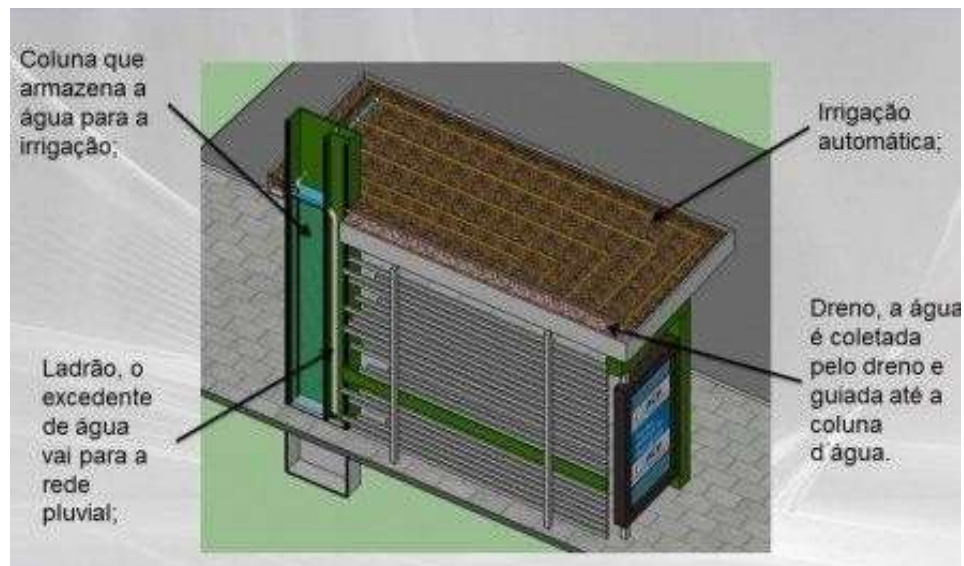


Figura 21- Esquema do sistema de captação e armazenamento de água pluvial

FONTE: Ciclovivo,2018.



### **2.9.6. ACROS- Edifício Asian Crossroads Over theSea:**

Esse edifício, localizado em Fukuoka, no Japão, é praticamente um parque urbano, possui três fachadas com enormes terraços consistindo em um vasto espaço verde.

A cidade sentia uma necessidade de obter mais áreas verdes, portanto, o plano de Fukuoka era desenvolver um lugar para uso rentável oferecendo, simultaneamente, o espaço verde.

São quinze terraços que atingem cerca de 60 metros de altura em relação ao solo, apresentando 76 espécies de plantas. Esse terraço reduz o consumo energético do edifício, pois a temperatura interna mantém constante e confortável, além disso, faz a captação de águas pluviais e dá suporte a vida de animais.

Uma serie de espelhos d' águas nos terraços são conectadas por pulverização ascendente de jatos de água. Estas piscinas ficam acima do átrio de vidro trazendo luz difusa para o interior.

O edifício apresenta sala de exposições, museu, teatro, sala de conferencias, escritórios privados e governamentais, vários níveis subterrâneos de estacionamento e lojas. Os terraços ainda possuem área de exercício e repouso, com vistas para a cidade e para o rio, que corre ao lado da construção.



Figura 22- Edifício Asian Crossroads Over the Sea

FONTE: Ciclovivo,2013.



Figura 23- Terraço verde do edifício com área de lazer

FONTE: Ciclovivo,2013.

### **3. METODOLOGIA**

Elaborar um estudo de caso com o sistema construtivo adotado. Primeiramente será elaborado um projeto na edificação em estudo e, com o auxílio das ferramentas e softwares de gestão, elaborar um estudo de viabilidade quanto ao tempo de execução e custo. Além disso, será feito um estudo de drenagem urbana para analisar o desempenho do terraço verde quanto à minimização de impactos socioambientais como os problemas de inundações urbanas.

## 4. ANÁLISE DE DADOS EDISCUSSÕES

### 4.1. LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

A edificação para fins deste estudo trata-se de um edifício comercial de três pavimentos e uma galeria no térreo, localizado na Rua Itupava entre linha férrea e a Rua Padre Germano Mayer, de acordo com o mapa abaixo:

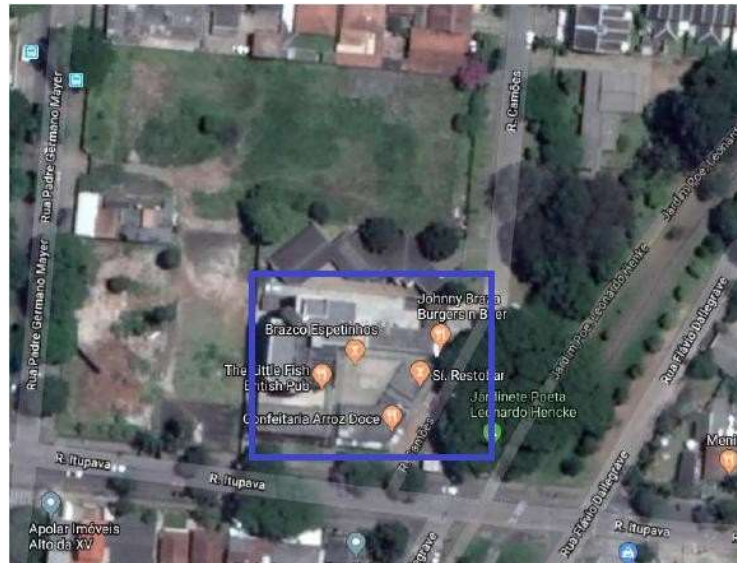


Figura 24- Mapa da localização do edifício em estudo  
FONTE: Google Maps, 2019.



Figura 25- Edifício comercial em estudo

FONTE: Street View, 2019.

## 4.2. IMPLANTAÇÃO DO TERRAÇO VERDE

De acordo como o diagrama elaborado no APENDICE A, a ideia de implantar um terraço verde visa à possibilidade de causar inúmeros impactos positivos nesta edificação, trazendo benefícios sociais, econômicos e ambientais, tendo como consequência, a sustentabilidade.

## 4.3. MÉTODO DE EXECUÇÃO

A execução do terraço verde nesta edificação será elaborada de acordo com as seguintes etapas abaixo:

<b>1.0</b>	<b>Serviços preliminares</b>
1.1	Remoção do piso e contrapiso existente
1.2	Remoção da manta asfáltica
1.3	Retirada do acabamento existente
1.4	Transporte e processamento de resíduos
<b>2.0</b>	<b>Execução do piso novo</b>
2.1	Regularização da superfície com argamassa de cimento e areia
2.2	Nivelamento para os ralos
2.3	Aplicação da pintura primer
2.4	Impermeabilização com manta asfáltica
2.5	Teste de estanqueidade na manta
2.6	Aplicação da lona separadora e proteção mecânica
2.7	Camada de piso em concreto
2.8	Acabamento em todas as laterais
2.9	Assentamento na base da platibanda
2.10	Restauração em pontos da alvenaria que foram danificados
<b>3.0</b>	<b>Drenagem</b>
3.1	Colocação da camada drenante (macdrain J)
3.2	Colocação da argila expandida
3.3	Colocação da manta bidim
<b>4.0</b>	<b>Execução do terraço verde</b>
4.1	Colocação do substrato
4.2	Paisagismo
4.3	Plantação de mudas e espécies

Quadro 02- EAP de implantação  
FONTE: Autor, 2019.

Levando em consideração que as etapas de serviços preliminares e de execução do piso novo já foram realizadas, a implantação do terraço verde se inicia a partir da etapa da colocação do sistema de drenagem.

### 4.3.1. SISTEMA DE DRENAGEM

Primeiramente é feita a colocação da camada drenante, Macdrain J, própria para execução de jardins paisagísticos e telhados verdes.

Em seguida, é feita a colocação e o espalhamento da argila expandida, em alguns pontos do terraço, é possível substituir o material por garrafas PET, que terá o mesmo desempenho quanto ao controle de escoamento de águas pluviais e visa ser mais barato comparado com a argila expandida.



Figura 26- Macdrain J e espalhamento das garrafas PET

FONTE: Autor, 2019.

Após o espalhamento da argila expandida e/ou garrafas PET, é feita a colocação da manta Bidim que possui uma função de impedir a passagem das raízes das plantas para o sistema dedrenagem.



Figura 27- Manta Bidim

FONTE: Autor, 2019.

#### 4.3.2. SUBSTRATO

O substrato consiste em uma mistura de solo composto orgânico, vermiculita, cinasita e carvão vegetal triturado.

A vermiculita é um mineral capaz de resistir a altas temperaturas, utilizada para corrigir o pH dos solos e absorver a água evitando excesso de umidade do solo. Além disso, as raízes das plantas não encontram dificuldades para drenar nutrientes necessários para as plantas.

A cinasita consiste em uma mistura de argila expandida e materiais cerâmicos triturados, o material proporciona um isolamento térmico e acústico e apresenta elevada permeabilidade.

O carvão vegetal triturado é utilizado para absorver o excesso de água durante a irrigação ou períodos de chuva, evitando assim, o apodrecimento das plantas.

A mistura é feita na proporção de um balde de solo composto orgânico, adicionando 20% de vermiculita, 20% de cinasita e 20% de carvão triturado.

A argila expandida é colocada nos pontos onde se encontram os ralos do terraço permitindo fácil percolação de água pluvial.



Figura 28- Espalhamento do substrato

FONTE: Autor, 2019.

### 4.3.3. PLANTAÇÃO DE MUDAS E ESPÉCIES

Após a execução do substrato, é adicionado um biofertilizante, produzido pela própria compostagem, para obter melhor desenvolvimento das plantas.

Foi necessário realizar uma pesquisa das espécies de plantas que são adaptadas ao clima de Curitiba, de preferência, as melíferas, PANCs e medicinais. Dentre elas estão:

- Alfavaca anisada (*Ocimum gratissimum*);
- Manjericão (*Ocimum basilicum*);
- Peixinho da horta (*Stachys byzantina*);
- Budléia (*Buddleja davidii*);
- Orquídea Bambu (*Arundinabambuseifolia*);
- Croton (*Codiaeum variegatum*);
- Lanterna japonesa (*Abutilon megapotamicum*);
- Aranto (*Kalanchoe daigremontiana*);
- Outros.



Figura 29- Diversidade de espécies de plantas adaptadas ao clima local

FONTE: Autor, 2019.





Figura 30- Aranto (*Kalanchoe daigremontiana*) no terraço verde

FONTE: Autor, 2019.

#### 4.4. ÁREA DE IMPLANTAÇÃO

O terraço da edificação, ao qual será implantado o terraço verde, possui uma área total de 260 m<sup>2</sup>, levando em consideração que 50 m<sup>2</sup> do terraço já foram executados.

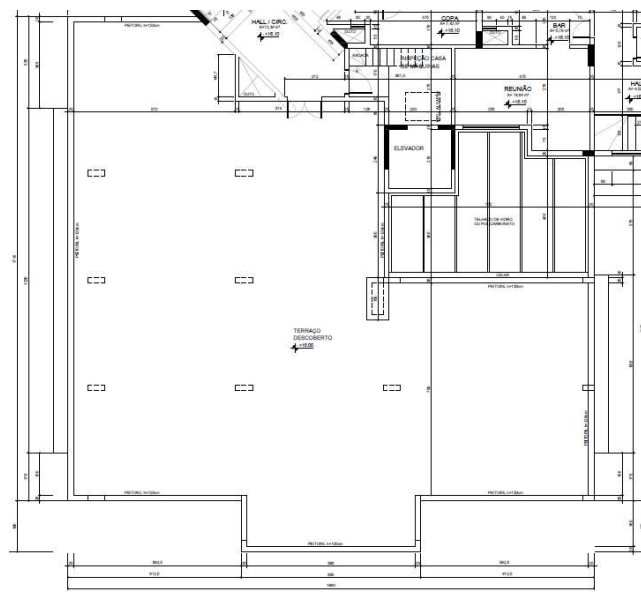


Figura 31- Planta arquitetônica do terraço ao qual será trabalhado

FONTE: João Paulo Mehl, 2019.

Para definir a área do terraço verde que ainda falta ser executado, foi necessário elaborar um esboço de projeto, definindo a área de todos os elementos que serão apresentados nessa construção.



Figura 32- Esboço do projeto com os elementos apresentados

FONTE: Autor, 2019.

Os componentes apresentados neste projeto são:

- A) Área da Geodésica, utilizado para shows e eventos culturais: **17,35m<sup>2</sup>**;
- B) Horta do Terraço, para produção de alimentos: **9,54m<sup>2</sup>**;
- C) Canteiros estruturais do terraço da edificação: dois canteiros de **2,15m<sup>2</sup>**;
- D) Canteiro com espécies de plantas: **1,0m<sup>2</sup>**;

A área que precisa ser implantada será a área total, descontando 50m<sup>2</sup> da área do terraço verde que já foi construída e das áreas de cada elemento que foram apresentados acima, totalizando uma área **173,56m<sup>2</sup>**.



Figura 33- Área do terraço verde concluída

FONTE: Autor, 2019.

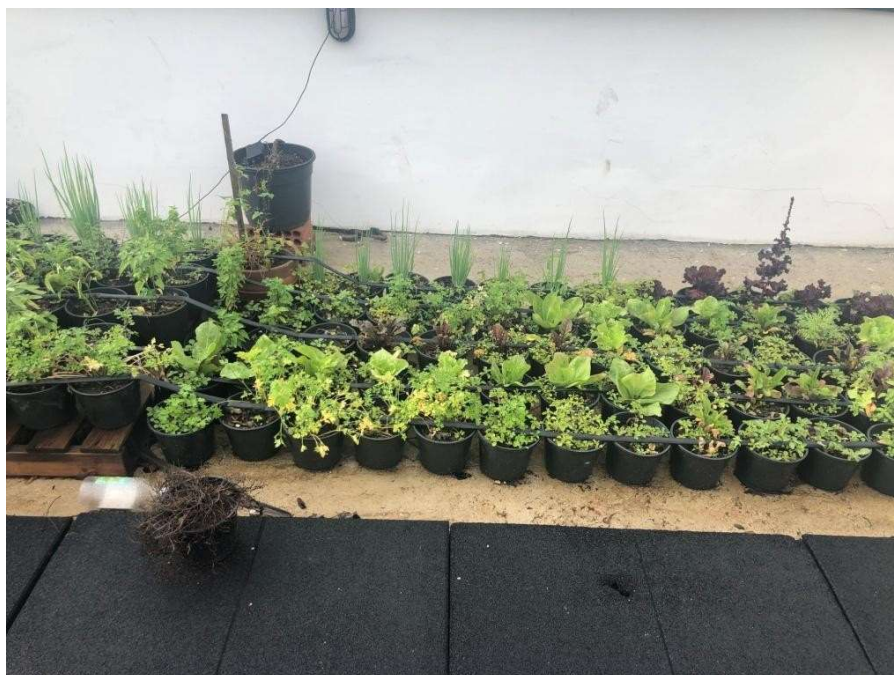


Figura 34- Horta do terraço

FONTE: Autor, 2019.

#### **4.5. TEMPO DE EXECUÇÃO**

Durante a execução do terraço verde na área de compostagem, que corresponde a 4,25 m<sup>2</sup>, foi cronometrado o tempo de execução de cada etapa a seguir:

- A) Colocação da camada drenante (macdrain J): 5 minutos
- B) Colocação da argila expandida: 20 minutos
- C) Colocação da manta bidim: 5 minutos
- D) Colocação do substrato: 1h 30 minutos
- E) Plantação de mudas e espécies: 40 minutos

A partir dessa informação e após determinar a área do terraço que ainda falta executar, foi possível elaborar um cronograma para prever o tempo de execução dessa área, criando uma relação entre tempo, área e quantidade de mão de obra.

Quanto maior a área, maior será o tempo de execução, porém, a quantidade de participantes da execução da área de compostagem era de 5 a 6 pessoas, se a quantidade de mão de obra, que for executar a área do terraço que ainda falta implantar, aumentar para 10 pessoas, o tempo de execução pode ser reduzido.

O cronograma elaborado (APENDICE B) indica que o tempo de execução do terraço verde será de 1 semana. De acordo com as informações obtidas pela empresa, o tempo de execução das primeiras atividades foi de 2 a 3 meses. Com isso, pode-se concluir que o tempo de execução do terraço verde é mais rápido que a execução de um sistema convencional como argamassa de piso, assentamento de placas cerâmicas etc.

## **4.6. ANÁLISE FINANCEIRA**

### **4.6.1. ORÇAMENTO**

Primeiramente foi feita uma cotação dos materiais que serão utilizados, tirando a média de 3 fornecedores disponíveis.

(Equação da cotação de materiais)

Material	Fornecedor	Custo Unitário	Cotação
Macdrain J	Macfair	R\$ 13,25	
	Macaferri	R\$ 16,40	R\$ 15,88
	Diprotec	R\$ 18,00	
Argila Expandida	Leroy Merlin	R\$ 36,00	
	Balaroti	R\$ 100,00	R\$ 54,62
	Casa e Construção	R\$ 27,85	
Vermiculita	Leroy Merlin	R\$ 35,25	
	Portal da acustica	R\$ 43,00	R\$ 40,72
	SOS da Piscina	R\$ 43,90	
Cinasita	Leroy Merlin	R\$ 35,97	
	Americanas	R\$ 27,30	R\$ 30,76
	Extra	R\$ 29,00	
Solo Organico	Casa e Jardim	R\$ 23,00	
	Ecoconsumo	R\$ 20,00	R\$ 22,00
	Americanas	R\$ 23,00	
Carvão triturado	Casa do Quimico	R\$ 347,50	
	Americanas	R\$ 309,90	R\$ 250,00
	Rosa do deserto	R\$ 92,60	
Manta Bidim	Extra	R\$ 2,30	
	Americanas	R\$ 2,78	R\$ 2,53
	Geocontract	R\$ 2,50	
Casca de arvore	Leroy Merlin	R\$ 26,90	
	Balaroti	R\$ 28,15	R\$ 27,02
	Casa e Construção	R\$ 26,00	

Quadro 03- Planilha de cotação dos materiais necessários

FONTE: Autor, 2019.

Com os valores obtidos da cotação, o gasto previsto na obra e quantificando os materiais necessários, foi elaborado um orçamento para área que será implantada obtendo um custo de R\$19.705,00.

## Planilha Orçamentária da Implantação do Terraço Verde

Item	Atividade	Unidade	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total
1.0	Sistema de Drenagem		-	-	R\$ 7.783,04
1.1	Camada drenante Macdrain J	m <sup>2</sup>	R\$ 15,88	173,56	R\$ 2.756,71
1.2	Argila Expandida (50 litros)	Saco	R\$ 54,62	84	R\$ 4.587,80
1.3	Manta Bidim	m <sup>2</sup>	R\$ 2,53	173,56	R\$ 438,53
2.0	Execução do Terraço Verde		-	-	R\$ 7.222,17
2.1	Substrato	m <sup>3</sup>	-	-	R\$ 4.487,32
2.1.1	Solo organico composto (20 kg)	Saco	R\$ 22,00	52	R\$ 1.144,00
2.1.2	Vermiculita (100 litros)	Saco	R\$ 40,72	10,4	R\$ 423,45
2.1.3	Cinasita (50 litros)	Saco	R\$ 30,76	10,4	R\$ 319,87
2.1.4	Carvão vegetal triturado (25 kg)	Saco	R\$ 250,00	10,4	R\$ 2.600,00
2.2	Paisagismo	m <sup>2</sup>	-	-	R\$ 2.734,85
2.2.1	Colocação dos troncos	unidade	R\$ 5,00	70	R\$ 350,00
2.2.2	Colocação das cascas de arvore (4kg)	Saco	R\$ 27,02	69	R\$ 1.864,15
2.3	Plantação de mudas e especies	unidade	R\$ 520,70	1	R\$ 520,70
	Mão de Obra	horas	R\$ 75,00	56	R\$ 4.200,00
	Alimentação	unidade	R\$ 50,00	10	R\$ 500,00
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 19.705,21</b>

Quadro 04- Planilha de orçamento da área do terraço verde a ser implantada

FONTE: Autor, 2019.

Custos	Unidade	quantidade	custo unitário	total
Macdrain	m2	60	R\$ 13,25	R\$ 795,00
VERMICULITA EXPANDIDA FINA - SACO 100 LITROS	Saco	6	R\$ 35,25	R\$ 211,50
ARGILA EXPANDIDA 0500 - SACO 50 LITROS	Saco	24	R\$ 36,00	R\$ 864,00
ARGILA EXPANDIDA 3222 - SACO 50 LITROS	Saco	60	R\$ 35,97	R\$ 2.158,20
<b>Composto Comercial</b>	<b>Saco</b>	<b>15</b>	<b>R\$ 8,00</b>	<b>R\$ 120,00</b>
Manta Bidim	m2	60	R\$ 2,30	R\$ 138,00
Carvao vegetal triturado	saco	20	R\$ 15,00	R\$ 300,00
composto comercial 1	saco	40	R\$ 23,00	R\$ 920,00
Composto comercial Rafa	saco	25	R\$ 7,00	R\$ 175,00
casca de arvore	saco	20	R\$ 20,00	R\$ 400,00
Plantas 1	unidade	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Troncos	unidade	20	R\$ 5,00	R\$ 100,00
Alimentação	unidade	5	R\$ 50,00	R\$ 250,00
Mão de obra estimada	unidade	8	R\$ 1.500,00	R\$ 12.000,00
Custo total				R\$ 18.581,70

Quadro 05- Planilha de orçamento da área do terraço verde concluída

FONTE: João Paulo Mehl, 2019

Com o custo da área implantada, o custo da área concluída, de 50 m<sup>2</sup>, e levando em consideração que o custo das primeiras atividades, antes da execução do terraço verde foi de R\$ 40.000,00, o custo total da construção do terraço verde na edificação será de **R\$ 78.287,00**.

#### 4.6.2. TEMPO DE RETORNO(PAYBACK)

Para mensurar o tempo de retorno financeiro com a implantação do terraço verde, utilizamos um comparativo de um gasto energético de um ar condicionado, ao qual será substituído pelo próprio sistema construtivo devido ao desempenho térmico de isolar a temperatura do ambiente interno do edifício.

Foi feita uma simulação, através do site da Copel, para analisar o consumo energético semanal de um ar condicionado, levando em consideração que o aparelho será ligado a partir das 09:00 da manhã durante 8 horas por dia de trabalho, como resultado o consumo energético foi de 226,80 kWh obtendo um custo semanal de R\$ 179,85 reais.

#### Resultado Comercial / Industrial



Quadro 06- Simulador de consumo energético semanal do ar condicionado

FONTE: Copel, 2019.



O custo mensal de energia será de R\$ 719,40 reais, considerando que o aparelho não será utilizado nos meses de maio a agosto, o custo anual do consumo energético será de **R\$ 5755,20 reais**.

Alem disso, utilizamos um comparativo do consumo de água predial para irrigação diária das espécies de plantas, ao invés de utilizar água do próprio edifício, será utilizado um volume de água captada de uma cisterna instalada no terraço para o processo de irrigação diária.



Figura 35- Cisterna instalada no terraço verde

FONTE: Autor, 2019.



Figura 36- Cisterna para irrigação da horta do terraço

FONTE: Autor, 2019.

Baseando-se na tabela 01 sobre o consumo provável de água predial, elaborado pela Sanepar, o consumo de água para irrigação do terraço verde é o equivalente ao consumo de água para jardins (rega) sendo de 1,5 litros/m<sup>2</sup>.

A área do terraço que será irrigada seria a diferença da área total, 260 m<sup>2</sup>, com a área de calçada, 56,90 m<sup>2</sup>, sendo essa revestida com casca de árvore, bem como a área da geodésica, 17,35 m<sup>2</sup> e as áreas estruturais de 2,15 m<sup>2</sup>. Ao todo, a área que será irrigada será de 183,60 m<sup>2</sup>.

O consumo de água diário de irrigação será de 185,10 litros.

<b>Tabela de Consumos Potenciais</b>		
<b>Tipo de Edificação</b>		<b>Consumo Provável</b>
1	Conj./cond. resid. c/ aptos. até 50m <sup>2</sup>	8,5 m <sup>3</sup> /ec. mês
2	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 51 a 65m <sup>2</sup>	10,3 m <sup>3</sup> /ec. mês
3	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 65 a 80 m <sup>2</sup>	12,5 m <sup>3</sup> /ec. mês
4	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 80 a 100m <sup>2</sup>	15,3 m <sup>3</sup> /ec. mês
5	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 100 a 130m <sup>2</sup>	17,5 m <sup>3</sup> /ec. mês
6	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 130 a 200 m <sup>2</sup>	21,0 m <sup>3</sup> /ec. mês
7	Conj./cond. resid. c/ aptos. de 200 a 350m <sup>2</sup>	23,5 m <sup>3</sup> /ec. mês
8	Conj./cond. resid. c/ aptos. acima de 350 m <sup>2</sup>	35,0 m <sup>3</sup> /ec. mês
9	Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 l/hóspede.dia
10	Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 l/hóspede.dia
11	Hospitais (exclusivamente pacientes internados)	250 l/leito.
12	Escolas (externatos)	50 l/per capita.dia
13	Escolas (internatos)	150 l/per capita.dia
14	Escolas(semi-internatos)	100 l/per capita.dia
15	Quartéis	150 l/per capita.dia
16	Creches	50 l/per capita.dia
17	Edifícios públicos/comerciais	80 l/per capita.dia
18	Supermercados c/ praça de alimentação	5 l/ m <sup>2</sup> de área. dia
19	Restaurante/	25 l/refeição.dia
20	Escritórios	50 l/per capita. dia
21	Lavanderia	30 l/kg roupa seca.dia
22	Lava car (lavagem completa)	300 l/veículo.dia
23	Abatedouros de aves (ou de peq. porte)	40 l/ave.dia
24	Abatedouros de caprinos e ovinos	300 l/cabeça.dia
25	Abatedouros de suínos (ou de médio porte)	500 l/cabeça.dia
26	Abatedouros de reses (ou de grande porte)	800 l/cabeça.dia
27	Indústria - uso pessoal	80 l/per capita.dia
28	Indústria - com restaurante	100 l/per capita. dia
29	Indústria concreteira	150 l/m <sup>3</sup> concreto.dia
30	Orfanatos	150 l/per capita.dia
31	Asilos	150l/per capita.dia
32	Igrejas/templos	2 l/assento.dia
33	Piscinas (lâmina de água)	2,5 l/m <sup>2</sup> .dia
34	Laticínios	2,5 l/litro leite prod.dia
35	Jardins(rega)	1,5 l/m <sup>2</sup>

IA/OPE/1502

Tabela 01- Consumo de água predial

FONTE: Sanepar, 2019.

Através do consumo diário de água, foi possível determinar a tarifa mensal de consumo de água, baseando-se na tabela02.



**ANEXO A RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 005/2018 – AGEPAR**

<b>TABELA DE TARIFAS DE SANEAMENTO BÁSICO - 2018</b>							
<b>CATEGORIA / FAIXAS DE CONSUMO</b>		<b>TARIFA (em Reais)</b>					
<b>TARIFA SOCIAL</b>							
<b>Todas as Localidades Operadas</b>		<b>Até 5 m<sup>3</sup></b>	<b>6 a 10</b>	<b>Excedente a 10m<sup>3</sup> (R\$/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>ÁGUA</b>		<b>9,25</b>	<b>0,28</b>	<b>1,07</b>			
<b>ESGOTO - 50%</b>		4,63	0,14 /m <sup>3</sup>	0,54			
<b>ÁGUA E ESGOTO</b>		13,88	0,42 /m <sup>3</sup>	1,61			
<b>MICRO E PEQUENO COMERCIO</b>							
		<b>Até 5 m<sup>3</sup></b>	<b>6 a 10</b>	<b>11 a 15</b>	<b>16 a 20</b>	<b>21 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>
<b>ÁGUA Todas as Localidades Operadas</b>		<b>34,58</b>	<b>1,07 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,93 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,99 /m<sup>3</sup></b>	<b>8,04 /m<sup>3</sup></b>	<b>8,10 /m<sup>3</sup></b>
<b>Curitiba</b>	<b>ESGOTO - 85%</b>	29,39	0,91 /m <sup>3</sup>	6,74 /m <sup>3</sup>	6,79 /m <sup>3</sup>	6,83 /m <sup>3</sup>	6,89 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	63,97	1,98 /m <sup>3</sup>	14,67 /m <sup>3</sup>	14,78 /m <sup>3</sup>	14,87 /m <sup>3</sup>	14,99 /m <sup>3</sup>
<b>Demais Localidades</b>	<b>ESGOTO - 80%</b>	27,66	0,86 /m <sup>3</sup>	6,34 /m <sup>3</sup>	6,39 /m <sup>3</sup>	6,43 /m <sup>3</sup>	6,48 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	62,24	1,93 /m <sup>3</sup>	14,27 /m <sup>3</sup>	14,38 /m <sup>3</sup>	14,47 /m <sup>3</sup>	14,58 /m <sup>3</sup>
<b>TARIFA RESIDENCIAL NORMAL</b>							
		<b>Até 5 m<sup>3</sup></b>	<b>6 a 10</b>	<b>11 a 15</b>	<b>16 a 20</b>	<b>21 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>
<b>ÁGUA Todas as Localidades Operadas</b>		<b>34,58</b>	<b>1,07 /m<sup>3</sup></b>	<b>5,96 /m<sup>3</sup></b>	<b>5,99 /m<sup>3</sup></b>	<b>6,04 /m<sup>3</sup></b>	<b>10,22 /m<sup>3</sup></b>
<b>Curitiba</b>	<b>ESGOTO - 85%</b>	29,39	0,91 /m <sup>3</sup>	5,07 /m <sup>3</sup>	5,09 /m <sup>3</sup>	5,13 /m <sup>3</sup>	8,69 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	63,97	1,98 /m <sup>3</sup>	11,03 /m <sup>3</sup>	11,08 /m <sup>3</sup>	11,17 /m <sup>3</sup>	18,91 /m <sup>3</sup>
<b>Demais Localidades</b>	<b>ESGOTO - 80%</b>	27,66	0,86 /m <sup>3</sup>	4,77 /m <sup>3</sup>	4,79 /m <sup>3</sup>	4,83 /m <sup>3</sup>	8,18 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	62,24	1,93 /m <sup>3</sup>	10,73 /m <sup>3</sup>	10,78 /m <sup>3</sup>	10,87 /m <sup>3</sup>	18,40 /m <sup>3</sup>
<b>COMERCIAL / UTILIDADE PÚBLICA / PODER PÚBLICO</b>							
		<b>Até 5 m<sup>3</sup></b>	<b>6 a 10</b>	<b>11 a 15</b>	<b>16 a 20</b>	<b>21 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>
<b>ÁGUA Todas as Localidades Operadas</b>		<b>62,25</b>	<b>1,60 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,93 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,99 /m<sup>3</sup></b>	<b>8,04 /m<sup>3</sup></b>	<b>8,10 /m<sup>3</sup></b>
<b>Curitiba</b>	<b>ESGOTO - 85%</b>	52,91	1,36 /m <sup>3</sup>	6,74 /m <sup>3</sup>	6,79 /m <sup>3</sup>	6,83 /m <sup>3</sup>	6,89 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	115,16	2,96 /m <sup>3</sup>	14,67 /m <sup>3</sup>	14,78 /m <sup>3</sup>	14,87 /m <sup>3</sup>	14,99 /m <sup>3</sup>
<b>Demais Localidades</b>	<b>ESGOTO - 80%</b>	49,80	1,28 /m <sup>3</sup>	6,34 /m <sup>3</sup>	6,39 /m <sup>3</sup>	6,43 /m <sup>3</sup>	6,48 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	112,05	2,88 /m <sup>3</sup>	14,27 /m <sup>3</sup>	14,38 /m <sup>3</sup>	14,47 /m <sup>3</sup>	14,58 /m <sup>3</sup>
<b>INDUSTRIAL</b>							
		<b>Até 5 m<sup>3</sup></b>	<b>6 a 10</b>	<b>11 a 15</b>	<b>16 a 20</b>	<b>21 a 30</b>	<b>&gt; 30</b>
<b>ÁGUA Todas as Localidades Operadas</b>		<b>62,25</b>	<b>1,60 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,64 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,76 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,78 /m<sup>3</sup></b>	<b>7,81 /m<sup>3</sup></b>
<b>Curitiba</b>	<b>ESGOTO - 85%</b>	52,91	1,36 /m <sup>3</sup>	6,50 /m <sup>3</sup>	6,60 /m <sup>3</sup>	6,61 /m <sup>3</sup>	6,64 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	115,16	2,96 /m <sup>3</sup>	14,14 /m <sup>3</sup>	14,36 /m <sup>3</sup>	14,39 /m <sup>3</sup>	14,45 /m <sup>3</sup>
<b>Demais Localidades</b>	<b>ESGOTO - 80%</b>	49,80	1,28 /m <sup>3</sup>	6,11 /m <sup>3</sup>	6,21 /m <sup>3</sup>	6,22 /m <sup>3</sup>	6,25 /m <sup>3</sup>
	<b>ÁGUA E ESGOTO</b>	112,05	2,88 /m <sup>3</sup>	13,75 /m <sup>3</sup>	13,97 /m <sup>3</sup>	14,00 /m <sup>3</sup>	14,06 /m <sup>3</sup>

Tabela 02- Tarifa de consumo de água predial

FONTE: Sanepar, 2019

O consumo mensal de água será de 3702 litros ou 3,7 m<sup>3</sup>. De acordo com a tabela, a tarifa para edificações comerciais com o consumo de até 5 m<sup>3</sup> é de R\$ 62,25 reais, fazendo uma interpolação com o valor do consumo encontrado, o custo mensal do consumo feito pela irrigação será de R\$ 46,07 reais e o custo anual do consumo de água será de **R\$ 552,84 reais**.

Após determinar o consumo energético e o consumo de água, por meio do processo de irrigação, é possível determinar o tempo de retorno pela seguinte fórmula:

(Equação do tempo de retorno- Payback)

(2)

Onde:

Investimento inicial: valor total do orçamento do terraço verde(R\$)

$C_{\text{energetico}}$  = Consumo energético do ar condicionado (R\$/ano)  $C_{\text{água}}$  =

Consumo de água na irrigação(R\$/ano)

T= Tempo de retorno, Payback (anos)

Ao aplicar a equação temos:

Dispensando o uso de ar condicionado e utilizando a água da cisterna para irrigação, o tempo de retorno da implantação do terraço verde será de **12 anos 5 meses**.

## 4.7. ANÁLISE DE DESEMPENHO EM RELAÇÃO AO CONTROLE DE INUNDAÇÕES

### 4.7.1. ESTUDO DE DRENAGEM URBANA

O principal parâmetro de projeto utilizado para realizar um estudo de drenagem de águas pluviais é a vazão de drenagem. Primeiramente será preciso determinar a vazão de drenagem urbana no local, onde se situa a edificação, na Rua Itupava entre a linha férrea e a Rua Padre Germano Mayer.

A vazão de drenagem é determinada pela equação do método racional:

(Equação da Vazão de drenagem)

(3)

Onde:

Q: Vazão de drenagem (m<sup>3</sup>/s)

c= Coeficiente de Escoamento superficial, Run-off

i= Intensidade de chuva (mm/h)

A= Área de contribuição de drenagem (m<sup>2</sup>)

O coeficiente de escoamento (c) depende das seguintes características (Tucci e Silveira, 1998):

- Solo;
- Cobertura;
- Tipo de ocupação;
- Tempo de retorno;
- Intensidade de precipitação.

Os valores desse coeficiente para superfícies urbanas são apresentadas de acordo com a tabela seguinte, para tempos de retorno utilizados na microdrenagem, não existe variação nesse coeficiente e a variação de intensidade de precipitação também não é considerada (Tucci e Silveira, 1998)

Tipo de Superfície	Valor Recomendado	Faixa de Variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90 – 0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58 – 0,81
Blockets	0,78	0,70 – 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02 – 0,05
Solo compactado	0,66	0,59 – 0,79
Matas, parques e campos de esporte	0,10	0,05 – 0,20
Grama solo arenoso	0,10	0,08 – 0,18
Grama solo argiloso	0,20	0,15 – 0,30

Tabela 03- Valores do coeficiente de escoamento para áreas urbanas

FONTE: Tucci e Silveira, 1998.

No caso da quadra em estudo, serão utilizados os valores do pavimento asfáltico, da edificação e da área de estacionamento ( $c=0,95$ ), a calçada de paralelepípedo ( $c=0,78$ ) e a Praça da Itupava, situado no lado direito da edificação, ( $c=0,10$ ) de acordo com a tabela acima.

A intensidade de chuva ( $i$ ) foi determinada através de dados pluviométricos na Região Metropolitana de Curitiba, as curvas IDF foram definidas por Parigot de Souza (1959) e Fendrich (1989) para analisar seus limites de aplicação. A intensidade de chuva é determinada pela seguinte equação aplicada por Fendrich(1989):

(Equação da intensidade de chuva da RMC)

---

(4)

Onde:

$i$ : Intensidade de chuva da Região Metropolitana de Curitiba (mm/h)

$T$ = Tempo de retorno (anos)

$t_c$ = Tempo de concentração da precipitação (minutos)

O tempo de retorno (T) indica o grau de segurança que as obras são dimensionadas, um tempo de retorno de 10 anos significa que a cheia pode se repetir a cada 10 anos ou em cada ano a chance de ocorrer é 10%. Para sistemas urbanos são usualmente adotados de acordo com a seguinte tabela, (Fendrich, 1989):

Sistema	Característica	Intervalo (anos)	Valor recomendado (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 – 5	2
	Comercial	2 – 5	2
	Áreas de prédios públicos	2 – 5	2
	Áreas comerciais e Avenidas	2 – 10	2
	Aeroporto	5 – 10	5
Macro-drenagem		10 – 50	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 -100	50 *

\* limite da área de regulamentação

Tabela 04- Valores do Tempo de retorno para sistemas urbanos

FONTE: Fendrich, 1989.

Por se tratar de uma obra de microdrenagem em uma área comercial, o valor do tempo de retorno será de 2 anos conforme a tabela acima.

O tempo de concentração é o tempo que leva para que toda a bacia ou área de estudo contribua para o escoamento superficial e pode ser calculado pela fórmula de Kirpich:

(Equação de Kirpich)

—



Onde:

$t_c$ : Tempo de concentração da precipitação (minutos)

$L$ = Comprimento do curso d' água (metros)

$H$ = Diferença de elevação da bacia (metros)

No entanto, a equação acima é utilizada para projetos de macrodrenagem e bacias com áreas maiores, para microdrenagem e áreas menores, sugere-se que o tempo de concentração de chuva seja limitado a um valor mínimo de 10 minutos (Fendrich, 1989).

Com o valor do tempo de retorno ( $T_r=2$  anos) e do tempo de concentração de chuva ( $t_c= 10$  minutos) foi possível determinar a intensidade de chuva:

\_\_\_\_\_

A intensidade de chuva será de 103,23 mm/h, para o cálculo da vazão será convertido em  $2,87 \times 10^{-5}$  m/s.

Para definir as respectivas áreas de contribuição, foram realizadas algumas medições na quadra e, em seguida, foi realizada uma esquematização de levantamento para determinar os valores de cada área a seguir:

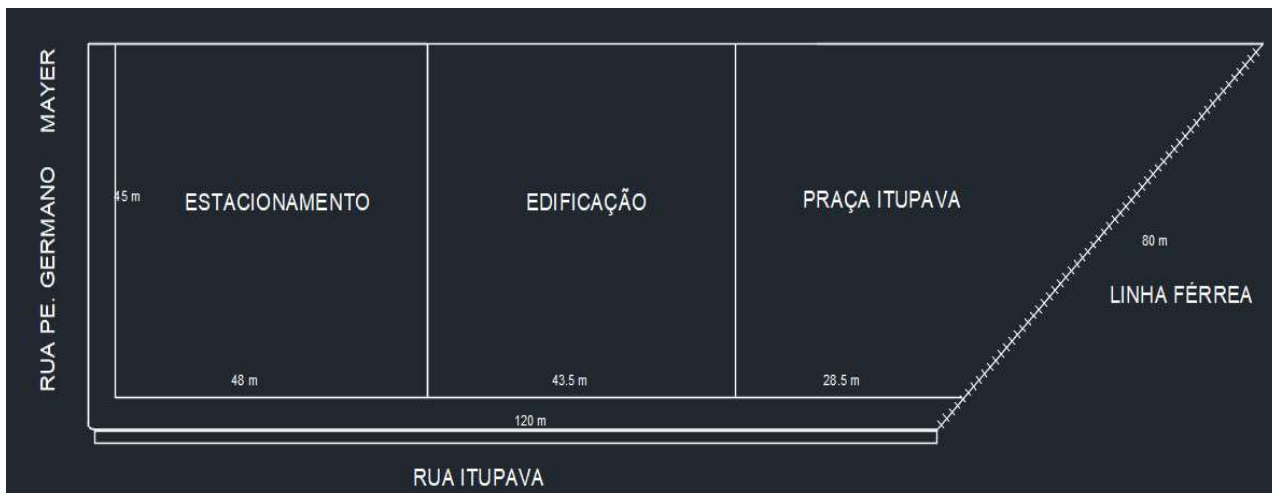


Figura 37- Esquematização do levantamento da quadra em estudo

FONTE: Autor, 2019.

Através da esquematização acima, e, levando em consideração que largura da calçada é de 3,80 metros e largura do pavimento da Rua Itupava é de 3 metros (DNIT, 2006) sendo que apenas a metade da largura da rua vai contribuir para o escoamento de águas pluviais na quadra em estudo, foram encontradas as seguintes áreas de contribuição:

- A) Área da edificação: 1792,20m<sup>2</sup>;
- B) Área do estacionamento: 1821m<sup>2</sup>;
- C) Área da praça: 2195,20m<sup>2</sup>;
- D) Área da calçada: 629,60m<sup>2</sup>;
- E) Área do pavimento asfáltico: 178,65m<sup>2</sup>.

Com os parâmetros definidos, foi possível determinar a vazão de drenagem para cada área de contribuição.

Para a área da edificação ( $q_{ed}$ ) temos:

Para a área do estacionamento ( $q_{est}$ ) temos:

Para a área da praça ( $q_{pc}$ ) temos:

Para a área da calçada ( $q_{calç}$ ) temos:

Para a área da edificação ( $q_{pav}$ ) temos:

A vazão total de drenagem é o escoamento de água pluvial que percorre de suas respectivas áreas de contribuição para a sarjeta e boca de lobo. É obtida pela soma de todas as vazões de drenagem que foram calculadas em diferentes áreas de contribuição, no entanto, a área da praça, por ser uma área mais permeável, irá reduzir o valor da vazão:

(Equação da Vazão total de drenagem)

(6)

A vazão total de drenagem para a quadra em estudo é de 112,70L/s.

#### **4.7.2. DRENAGEM DO TERRAÇO VERDE**

A vazão de drenagem do terraço verde será determinada pelo mesmo método racional aplicado anteriormente, a intensidade de chuva permanece a mesma mudando apenas o coeficiente de Run-off e a área de contribuição.

Segundo o engenheiro Plinio Thomaz (2009), o coeficiente de escoamento superficial (Run-off) em diversos sistemas construtivos é determinado pela tabela a seguir:

Tipo de superfície	Coefficiente de runoff C	Tipo de superfície	Coefficiente de runoff C
Pavimento asfáltico	0,95	Gramado plano entre 0 a 1% de decl.	0,25
Pavimento concreto	0,95	Gramado médio entre 1% a 3% de decl.	0,35
Pavimento de tijolos	0,85	Gramado alto entre 3% a 10% de decl.	0,40
Pavimento de pedras	0,75	Gramado muito alto >10% de decl.	0,45
Telhado linha de base	0,95	Vegetação plana (0 a 1% de decl.	0,10
Telhado verde < 10cm	0,50	Vegetação média (0 a 1% de decl.	0,20
Telhado verde entre 10cm e 20cm	0,30	Vegetação alta (0 a 1% de decl.	0,25
Telhado verde entre 20cm e 50cm	0,20	Vegetação muito alta (0 a 1% de decl.	0,30
Telhado verde > 50cm	0,10		

Tabela 05- Valores do Coeficiente de Run-off para sistemas construtivos

FONTE: Plinio Thomaz, 2009.

Por se tratar de um terraço verde do tipo intensivo, cuja espessura é de aproximadamente 15 cm, o valor do coeficiente de escoamento superficial (c) será de 0,3. A área de contribuição será a área total do terraço, 260m<sup>2</sup>.

Com essas informações será possível determinar a vazão de drenagem (Q) do terraço verde:

#### 4.7.3. REDUÇÃO DA VAZÃO TOTAL DE DRENAGEM

Foi realizado um experimento caseiro para observar a análise de permeabilidade do substrato. Os materiais utilizados para esse experimento foram:

- Uma garrafa PET;
- Um algodão;
- Uma amostra do substrato, ao qual será aplicado;
- 500ml de água;
- Um copo de bico.

Primeiramente a garrafa PET foi cortada em duas partes, à base foi utilizada para coletar a quantidade de água que vai passar do substrato e o bico foi utilizado como um funil para conter o substrato, conforme a figura abaixo.



Figura 38- Ensaio caseiro de permeabilidade do substrato

FONTE: Autor, 2019.

Em seguida foram adicionados 500ml de água sobre o substrato, simulando a pior hipótese do terraço verde para ocorrência de chuvas.



Figura 39- Substrato preenchido com água

FONTE: Autor, 2019.

Primeiramente foi observado que, devido ao excesso de água, a velocidade de percolação da mesma sobre o substrato foi maior, porém, após 1 minuto de observação, o substrato conseguiu reter a água diminuindo a sua velocidade de percolação.

Após 1 hora e 30 minutos, foi retirada a quantidade de água que passou do substrato e colocada no copo de béquer, verificou-se que 240ml de água passaram e 260ml ficou retido no substrato. A partir dessas informações, pode-se comprovar que o processo de drenagem do terraço verde será capaz de reduzir a vazão total de drenagem urbana.

Obtendo a vazão total de drenagem urbana e a vazão de drenagem do terraço verde, pode-se determinar a eficiência do terraço verde com relação à redução de cheias:

(Equação da eficiência de redução de vazão)

—

(7)

Onde:

E: Eficiência de redução (%)

$Q_{TV}$  = Vazão de drenagem do terraço verde (L/s)

$Q_{DU}$  = Vazão de drenagem urbana (L/s)

—

O terraço verde implantando na edificação conseguirá reduzir 2% da vazão total de drenagem.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento dessa pesquisa, a necessidade de se estudar a viabilidade de implantação do telhado verde nas edificações do município fez observar os pontos positivos e negativos.

Com todos os estudos realizados pelo terraço verde, o sistema é tecnicamente viável para o município de Curitiba, pois, o estudo de caso revelou que o sistema é sustentável, uma vez que obedece aos três critérios dos pilares da sustentabilidade, os quais são:

**Social:** O sistema é socialmente justo já que favorece a sociedade, uma diversidade de espécies de plantas que podem se adaptar ao clima local e uma técnica de cultivo de plantas alimentícias, medicinais e PANCs. Além disso, o local ajuda a diminuir o estresse e a ansiedade das pessoas, favorecendo um lugar atrativo e agradável.

**Econômico:** É economicamente viável, pois a economia energética de um ar condicionado convencional que será feita a partir do próprio sistema construtivo pela sua capacidade de isolar a temperatura do ambiente interno e a economia de água predial que será feita pela cisterna para a irrigação diária das plantas, ambos os parâmetros pagará a construção do terraço verde em aproximadamente doze anos e cinco meses. Além disso, seu tempo de execução é rápido e não irá prejudicar o tempo de execução de outras atividades em uma possível obra ou até mesmo o prazo final de entrega.

**Ecológico:** É ecologicamente correto, pois através de cálculos de drenagem e experimentos que comprova o desempenho do substrato, o terraço verde conseguirá reduzir 2% das cheias de uma área urbana, portanto, quanto mais terraços verdes forem implantados, maior será esse percentual de redução, minimizando os problemas de inundação.

O terraço verde apresenta uma mão de obra mais restrita e ainda existem poucos prestadores de serviço para a construção deste sistema.

## REFERENCIAS

- ABNT-NBR 9575: Impermeabilização- Seleção e projeto, 2003. Arquitetura e Urbanismo para todos. Disponível em <http://arquiteturaurbanismotodos.org.br/palacio-gustavo-capanema/>. Acesso em 16 de outubro de 2018.
- Bianchini, Fabrício; Hewage, Kasun- "Green" are the Green roofs? Building and Environment, 2011.
- Blog do UNASP, Arquitetura: Inspire em 7 projetos de telhado verde. Disponível em: <https://www.unasp.br/blog/telhado-verde/>. Acesso em 28 de setembro de 2018.
- Breuning, J. The Economics of Green Roofs from the Perspective of the Commercial Client: A Cost-Benefit Analysis of Extensive Green Roofs, 2014.
- Cantor, Steven. Green Roofs and Sustainable Landscape Design, 2008.
- Ciclovivo, Arquiteto cria edifício agro-urbano em cidade japonesa. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/florianopolis-ganha-ponto-de-onibus-com-teto-verde-e-energia-solar/>. Acesso em 27 de novembro de 2018.
- Ciclovivo, Florianópolis ganha ponto de ônibus com teto verde e energia solar. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/florianopolis-ganha-ponto-de-onibus-com-teto-verde-e-energia-solar/>. Acesso em 16 de outubro de 2018.
- Claudia Bartelle, Arquitetura & Interiores. Disponível em: <https://www.claudiabartellearquitetura.com.br/telhado-verde/>. Acesso em 16 de outubro de 2018. Clima Curitiba. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/curitiba-2010/>. Acesso em 28 de novembro de 2018.
- SANEPAR: Consumos potenciais . Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/tabela-de-consumos-potenciais>. Acesso em 15 de abril de 2019.
- Cunha, A.; Mendiondo, E. Experimento hidrológico e aproveitamento de água da chuva usando coberturas verdes leves, 2014.
- Danni-Oliveira, I.M. Aspectos climáticos de Curitiba/PR: uma contribuição para o ensino médio. RA'E O espaço geográfico em análise, Curitiba, 1999.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes Manual de Pavimentação, 2006.



Dunnett, Nigel. *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland, Oregon, 2004.

Ecotelhado, Design Biofílico. Disponível em: <https://ecotelhado.com>. Acesso em 5 de outubro de 2018.

Farrel, C. *Green roofs for hot and dry climates*. *Building and Environment*, 2012.

FAU-USP, Aplicação da tecnologia de telhados verdes como meio de preservação e restauração da biodiversidade paulistana. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20 finais%202012-1/Tetos%20verdes%20e%20biodiversidade.pdf>. Acesso em 16 de outubro de 2018.

Fendrich, R. *Chuvas intensas na estação pluviográfica, Curitiba*. Prado Velho (PUC-PR), 1989. *Gazeta do Povo*. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/em-quatro-horas-chove-o-equivalente-a-metade-da-media-para-fevereiro-em-curitiba-3ivne1k3c4r9iq6dwo1i12hry/>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

Karla Cunha. Disponível em: <http://www.karlacunha.com.br/tag/aquecimento-global/>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

Kosareo, Lisa; Ries, Robert. *Building and Environmental*, 2007.

Liu, T. *Drought tolerance and thermal effect measurement for plants suitable for extensive Green roof planting in humid subtropical climates*. *Energy and Building*, 2012.

Machado, Maria. *Conductividad térmica en la cubierta ecológica*, 2012.

Mendonça, F.A. *Abordagem interdisciplinar da problemática ambiental urbana-metropolitana na Região Metropolitana de Curitiba*. Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR, 2001.

Mendonça, F.A. *Variabilidade pluvial e eventos extremos em Curitiba*, 2015.

Minke, G. *Techos Verdes- Planificación, ejecución, consejos practicos*. Editora Fin Del Siglo, 2005.

Moody, Seth.; Sailor, David. *Energy and Buildings*, 2013.

Muller, A. *Coberturas verdes: Comportamento do substrato para coberturas verdes em Curitiba-PR*, (Dissertação de Mestrado na UFPR), 2014.

Nascimento, Wania. *Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba-PR*. (Dissertação de Mestrado na UFPR), 2008.

Parigot de Souza, P.V. *Possibilidades pluviais de Curitiba em relação a chuvas de grande intensidade*, Curitiba, 1959.

Roaf, Sue et al. Ecohouse A casa ambientalmente sustentável. Porto Alegre, 2006.

Saadatian, O. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013.

Savi, A.C.; Tavares, S. F. Telhados verdes: análise comparativa de custo e peso com sistemas tradicionais de cobertura, 2013.

Telhados verdes: Saiba como funcionam essas coberturas vivas. Disponível em: <http://www.gsdengenharia.com.br/telhados-verdes-saiba-como-funcionam-essas-coberturas-vivas/>. Acesso em 28 de setembro de 2018.

The International Green Roofs Association (INGRA). Disponível em [www.ingra.com](http://www.ingra.com). Acesso em 28 de setembro de 2018.

Tomaz, Plínio. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis 2009.

Tucci, C.E.M.; Silveira, A.L.L, Controle do Escoamento com retenção em lotes urbanos, 1998.

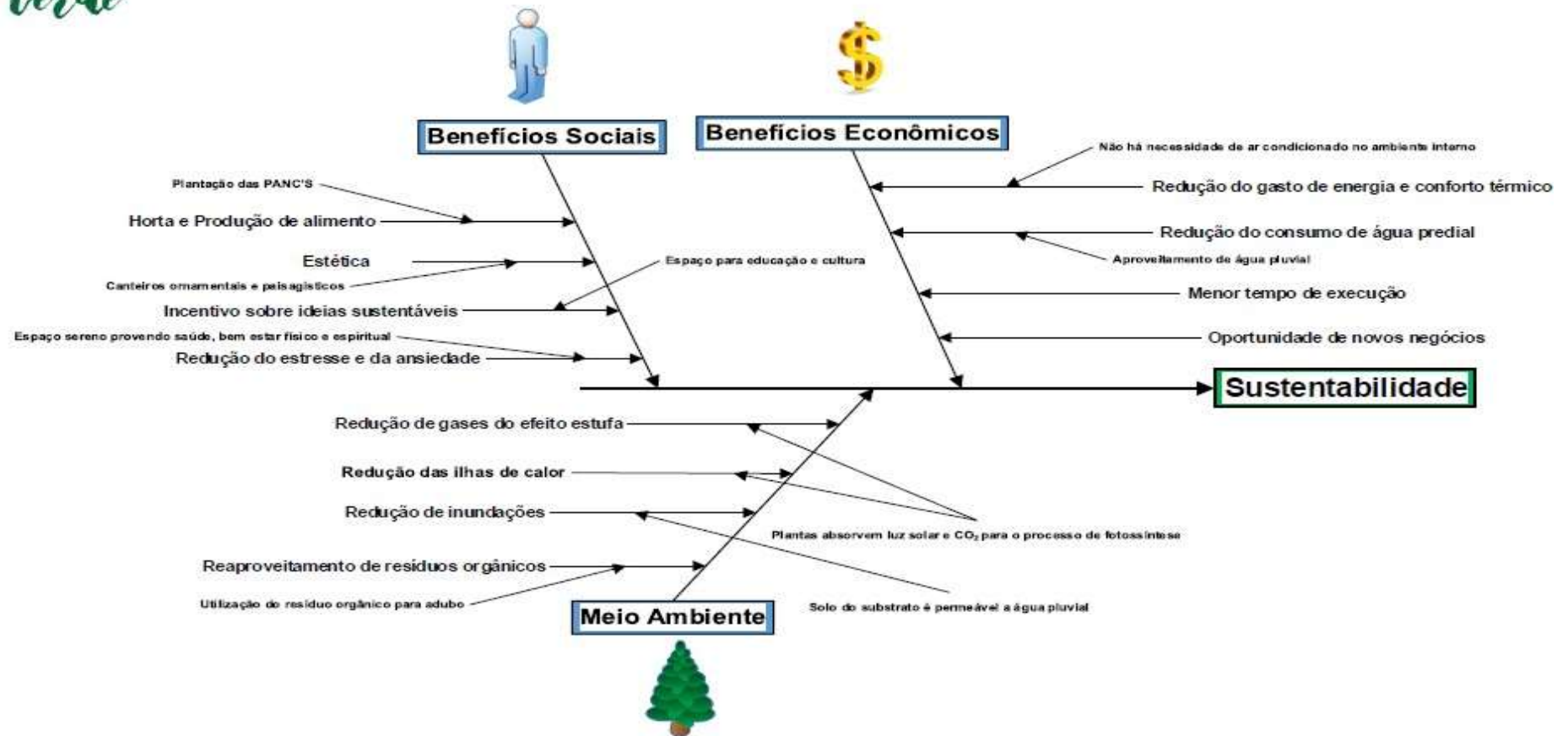
Vergara Lizandra.; Barbosa, Anallu.; Aplicação de telhado verde como tecnologia sustentável para projeto de edificações residenciais. UFSM, 2009.

Wong, Nyuk. Life cycle costs analysis of rooftop gardens in Singapore, 2002.

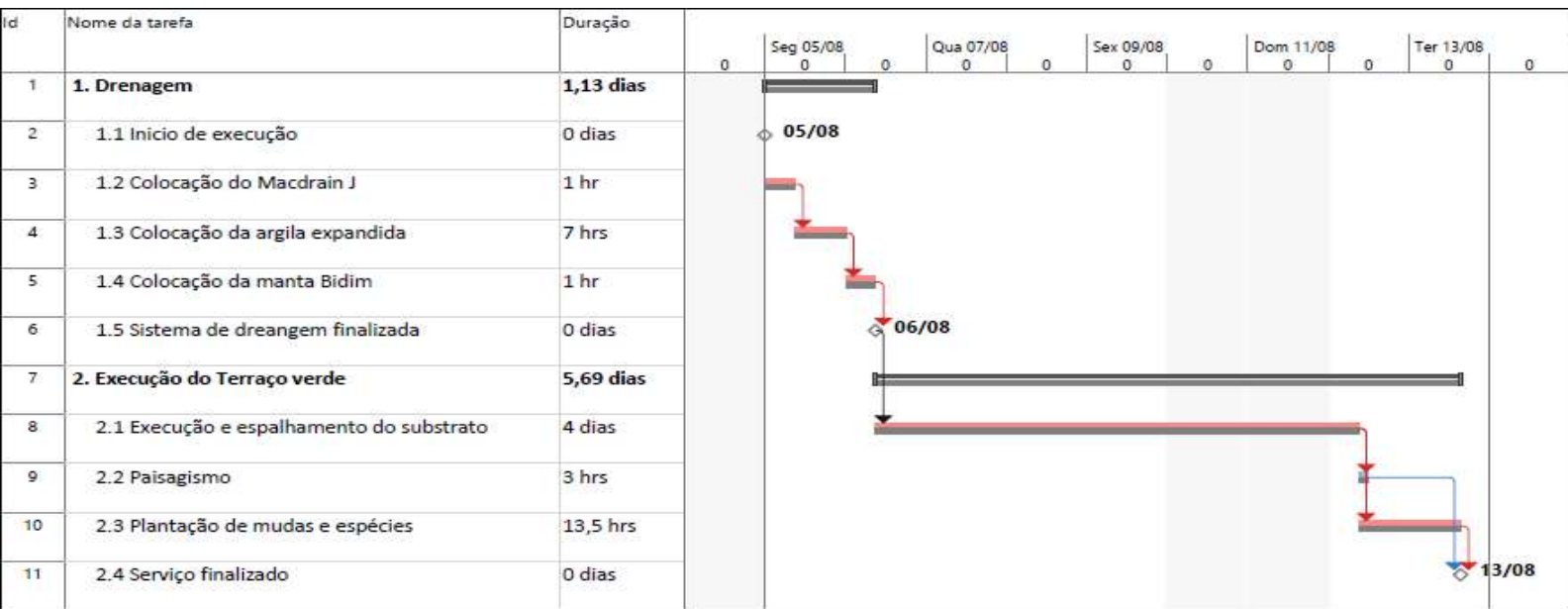
**APENDICE A- DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO DO TERRAÇO VERDE**



## Implantação do Terraço Verde



## APENDICE B- CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO TERRAÇO VERDE



Projeto: Cronograma terraço ve Data: Qui 21/02/19	Tarefa		Tarefa Manual		Data limite	
	Divisão		Somente duração		Crítica	
	Marco		Acúmulo de Resumo Manual		Divisão crítica	
	Resumo		Resumo Manual		Linha de Base	
	Resumo do projeto		Somente início		Marco de Linha de Base	
	Tarefa Inativa		Somente término		Resumo da Linha de Base	
	Marco Inativo		Tarefas externas		Andamento	
	Resumo Inativo		Marco externo		Progresso manual	