

UNIVERSIDADE TIRADENTES

AMANDA LIMA SANTANA
NATÁLIA OLIVEIRA LIMA

**TELHADO VERDE: PROPOSTA PARA SOLUCIONAR ALAGAMENTOS NOS
BAIRROS CENTRO E INDUSTRIAL**

ARACAJU/SE

2018

AMANDA LIMA SANTANA
NATÁLIA OLIVEIRA LIMA

**TELHADO VERDE: PROPOSTA PARA SOLUCIONAR ALAGAMENTOS NOS
BAIRROS CENTRO E INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Tiradentes como um dos pré-
requisitos a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora:

Prof. Dra. Ingrid Cavalcanti
Feitosa

Aracaju/ SE

2018

AMANDA LIMA SANTANA

NATÁLIA OLIVEIRA LIMA

**TELHADO VERDE: PROPOSTA PARA SOLUCIONAR ALAGAMENTOS NOS
BAIRROS CENTRO E INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade
Tiradentes como um dos pré-
requisitos a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em ___/___/___

Banca examinadora

Dra. Ingrid Cavalcanti Feitosa

Universidade Tiradentes

Msc. Cassius Gomes de Oliveira

Universidade Tiradentes

Dra. Denise de Jesus Santos

Universidade Tiradentes

RESUMO

O grande crescimento urbano desordenado e acelerado trouxe problemas para as grandes cidades, como: diminuição das áreas verdes, formação de ilhas de calor, descarte inadequado de resíduos sólidos e mudança no ciclo hidrológico. As consequências são inevitáveis, pois há o surgimento de alagamentos, a biodiversidade da área e a qualidade de vida da população são afetadas diretamente. Desta forma, buscando sanar esses problemas tão observados nos centros urbanos, as medidas compensatórias são técnicas que estão crescendo, pois, além de possuir vários benefícios, diminuem o impacto ambiental. Um exemplo desta prática é o telhado verde, que auxilia na diminuição do volume escoado das águas pluviais, proporciona um conforto térmico e acústico, além de um ambiente agradável e harmônico. Portanto, o presente trabalho retrata a cobertura verde como técnica empregada no Restaurante Popular Padre Pedro e no Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco, além de observar os custos para a sua implementação e analisar a diminuição do escoamento superficial nos bairros Centro e Industrial, localizados na cidade de Aracaju, Sergipe.

PALAVRAS-CHAVES: Telhado-verde; custo; escoamento superficial; implementação

ABSTRACT

The great disorderly and accelerated urban growth brought some problems to big cities, as: the decrease of green areas, formation of heat islands, improper disposal of garbage and changes in the hydrological cycle. The consequences are inevitable, so there are floods, the biodiversity and the life's quality of the population are affected directly. So, trying to heal these problems in urban centers, the compensatory measures are techniques that are growing, besides having many advantages, also they reduce the environmental impact. One example of this practice is the green roof that helps in reducing the drained volume of rainwater, it provides a thermal and acoustic comfort, besides leaving the place pleasant and harmonic. Therefore, the present work presents the green coverage as technique used in the Popular Padre Pedro's Restaurant and Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco, besides observing the costs for their implementation and analyzing the reduction of the surface runoff in the neighborhoods Centro and Industrial, located in the city of Aracaju, Sergipe.

KEY WORDS: Green roof; cost; surface runoff; implementation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A vegetação mangue da cidade de Aracaju foi degradada para o seu crescimento	16
Figura 2 - Enchente na cidade de Aracaju no bairro Centro	17
Figura 3 - Formação de ilhas de calor devido a urbanização	17
Figura 4 - Resíduos encontrados em uma boca de lobo em Aracaju	18
Figura 5 - Zigurate recoberto por vegetação	20
Figura 6 - Casa dos Vikings	21
Figura 7 - Hotel com telhado verde na Alemanha	22
Figura 8 - Ministério da Saúde e Educação no Rio de Janeiro	22
Figura 9 - Sede da prefeitura de Chicago nos Estados Unidos	23
Figura 10 - Edifício-garagem Empresarial Charles Darwin com oito andares em Recife	24
Figura 11 - Ponto de ônibus com telhado verde em Salvador	24
Figura 12 - Casa com telhado verde em Singapura	25
Figura 13 - Canal de drenagem do Centro da cidade de Aracaju, Sergipe	26
Figura 14 - Comparação do escoamento superficial entre os telhados verde e convencional	27
Figura 15 - Exemplo de lazer no telhado verde	29
Figura 16 - Composição do telhado verde	31
Figura 17 - Tipos de substratos orgânicos	33
Figura 18 - Cobertura verde extensiva	34
Figura 19 - Casa no Rio Grande do Sul com telhado verde extensivo	35
Figura 20 - Cobertura verde semi-intensiva	36
Figura 21 - Horta urbana no shopping Eldorado em São Paulo	36
Figura 22 - Cobertura verde intensiva	37
Figura 23 - Complexo comercial Namb Park, Japão	38
Figura 24 - Variação da temperatura de Aracaju em 2017	39
Figura 25 - Índice pluviométrico de Aracaju em 2017.....	40
Figura 26 - Mapa dos pontos de alagamento de Aracaju	41
Figura 27 - Vista aérea do Calçadão da Praia Formosa	42
Figura 28 - Rua alagada no Centro de Aracaju	43
Figura 29 - Restaurante Popular Padre Pedro e Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco.....	46
Figura 30 - Ferragens no canal Gonçalo Prado Rolemberg	47
Figura 31 - Resíduos sólidos no canal Gonçalo Prado Rolemberg	47
Figura 32 - Sistema de drenagem danificado	47
Figura 33 - Efluente próximo ao mercado municipal	48
Figura 34 - Foto aérea do restaurante Padre Pedro e do Mercado Municipal em Aracaju	48
Figura 35 - Projeto para o restaurante	54
Figura 36 - Projeto para o mercado municipal	56
Figura 37 - Planilha do orçamento do telhado verde para o restaurante	57
Figura 38 - Planilha do orçamento para o telhado verde do mercado municipal	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas de cobertura dos locais escolhidos	49
Tabela 2 - Médias das precipitações mensais dos últimos 5 anos.....	49
Tabela 3 - Coeficientes de Runoff em Telhados Verdes	50
Tabela 4 - Volume de escoamento dos meses.	52
Tabela 5 - Valores das sementes	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos tipos de telhado verde	33
Quadro 2 - Composição do telhado verde para restaurante	59
Quadro 3 - Composição do telhado verde para mercado municipal	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ONU – Organização das Nações Unidas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica

SE – Sergipe

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

EMURB – Empresa Municipal de Obras e Urbanização

SINDA – Sistema Integrado de Dados Ambientais

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

ORSE – Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe

CEHOP - Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	14
1.1.1	Geral	14
1.1.2	Específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	15
2.1.1	Degradação do meio ambiente	15
2.1.2	Urbanização acelerada e desordenada	16
2.1.3	Crise dos recursos hídricos	18
2.1.4	Reaproveitamento da água	19
2.2	TELHADO VERDE.....	20
2.2.1	Evolução histórica	20
2.2.2	Definição	25
2.2.3	Benefícios	26
2.2.3.1	Contenção de água.....	26
2.2.3.2	Reutilização de águas pluviais	28
2.2.3.3	Capacidade energética e térmica	28
2.2.3.4	Âmbito agradável, recreativo e ecológico	29
2.2.3.5	Diversidade biológica	30
2.2.4	Composição da estrutura do telhado verde	30
2.2.4.1	Impermeabilização	31
2.2.4.2	Camada de drenagem.....	31
2.2.4.3	Camada filtrante.....	31
2.2.4.4	Membrana antirraízes	32
2.2.4.5	Substrato.....	32
2.2.5	Tipos	33
2.2.5.1	Sistemas extensivos	34
2.2.5.2	Sistema semi-intensivo	35
2.2.5.3	Sistemas intensivos	37

2.2.6	Vegetação	38
2.3	CARACTERÍSTICAS DE ARACAJU	38
2.3.1	Clima	39
2.3.2	Índice pluviométrico	40
2.3.3	Pontos de alagamento	40
2.3.3.1	Bairros que sofrem com as enchentes	41
2.3.4	Popularidade do telhado verde em Aracaju	42
3	METODOLOGIA	43
3.1	AMBIENTE DE PESQUISA	43
3.2	COLETA DE DADOS E FERRAMENTAS DE PESQUISA	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	LOCAIS ESCOLHIDOS	46
4.1.1	Áreas de cobertura do telhado	48
4.1.2	Dados Pluviométricos	49
4.1.3	Coeficientes de Escoamento Superficial	50
4.1.4	Cálculo dos volumes de escoamento superficial	50
4.1.5	Comparação dos volumes escoados em telhado convencional e com telhado verde	53
4.2	Projeto do restaurante Popular Padre Pedro	54
4.3	Projeto do Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco	55
4.4	ORÇAMENTOS	56
4.4.1	Restaurante Popular Padre Pedro	57
4.4.2	Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco	59
5	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	63
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

A ocupação urbana acelerada e o sistema de drenagem mal planejado que não comporta as necessidades da população são problemas encontrados em algumas cidades brasileiras que afetam, diretamente, o convívio social e a qualidade de vida da sociedade em geral. A produção descontrolada de resíduos sólidos e o seu descarte inadequado também prejudicam, ainda mais, o sistema de drenagem pluvial, favorecendo o surgimento de inundações. Logo, há um conjunto de fatores que pioram a situação dos centros urbanos, entretanto, eles não são recentes e a ocupação urbana, ao longo dos anos, tem mostrado isso (BALDESSAR, 2009).

O processo de ocupação urbano acelerado, no Brasil, se deu início na segunda metade do século XX. O desenvolvimento desordenado e não planejado das cidades teve algumas consequências como, expansão urbana em áreas periféricas, impermeabilização de áreas verdes e ocupação de áreas de risco (MENGUE *et al.*, 2017). Além disso, toda essa explosão urbana não considerara os sistemas naturais, proporcionando assim uma transformação no ciclo hidrológico e modificações no solo urbano (GONÇALVES E NUCCI, 2017).

Atualmente, visando soluções para esses problemas, técnicas alternativas e sustentáveis estão sendo utilizadas para o controle do escoamento superficial, principalmente aquelas que diminuem o impacto ambiental. É observado também que, essas medidas compensatórias tentam minimizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos (RCESA, 2007). Há vários estudos sobre essas novas práticas sustentáveis, dentre elas, destaca-se o telhado verde.

O telhado verde ou cobertura verde é uma técnica aplicada em estruturas de coberturas, como em lajes e telhados. Após a estrutura de cobertura escolhida, deve ser executada camadas de impermeabilização, drenagem, filtrante, membrana antirraízes, substrato e vegetação. Não é uma prática nova, porém possui vantagens que beneficiam as grandes cidades, dentre elas: diminuição das ilhas de calor, apresenta um conforto térmico e acústico e aumento da área verde, auxiliando para o crescimento da biodiversidade (FREITAS E UEDA, 2017).

Vale ressaltar que, além desses benefícios, segundo Freitas e Ueda (2017), foi comprovado que ajuda no controle de águas pluviais, isto é, o telhado verde retém

parte da chuva devido à presença da vegetação. Dessa forma, há diminuição do escoamento superficial e, conseqüentemente, dos alagamentos.

No Brasil, essa prática ainda não é bem atuante como nos países desenvolvidos, porém está em processo de evolução, já que há algumas cidades brasileiras que possuem leis e iniciativas sustentáveis. Dessa forma, há uma maior propagação dos benefícios do telhado verde e aceitação da sociedade, como acontece em São Paulo, Recife, Salvador e Rio de Janeiro (ALMEIDA, 2018).

Em Aracaju, Sergipe, foi observado que há somente uma obra com a utilização da cobertura verde que se encontra no Calçadão da Praia Formosa, no bairro Treze de Julho. Apesar disso, não há telhados verdes nos bairros Centro e Industrial, já que sofrem, em épocas de intensas chuvas, com inundações. Existem projetos, mas nenhuma obra com cobertura verde foi encontrada nessas áreas.

Desta forma, o presente trabalho propõe a implementação de telhados verdes do tipo semi-intensivo no Restaurante Popular Padre Pedro e um do tipo intensivo no Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco, ambos situados em Aracaju, uma vez que apresentam alagamentos em épocas de chuvas. Além disso, como o mercado municipal é um ponto turístico, seria ideal a criação de um parque no seu telhado, já que possui uma grande área de cobertura. No restaurante popular, além de auxiliar na produção de alimentos para o estabelecimento, a questão social também seria primordial. É notório que será feito cálculos para observar que a presença da cobertura verde pode reter parte da água pluvial e, conseqüentemente, diminuir o volume do escoamento superficial nos Bairros Centro e Industrial.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Elaborar e implementar telhados verdes nas coberturas do Restaurante Popular Padre Pedro e Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco e, através de cálculos, mostrar que o volume do escoamento superficial pode ser reduzido com a presença dessa técnica compensatória.

1.1.2 Específicos

- Classificar os tipos de telhado verde;
- Apresentar os benefícios do telhado verde em grandes cidades;
- Analisar os pontos de alagamento de Aracaju;
- Comparar o escoamento superficial entre telhados convencionais e verdes;
- Elaborar os projetos para os locais escolhidos;
- Orçar os projetos do telhado verde.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Em decorrência da expansão de atividades econômicas e, conseqüentemente, a maior concentração de pessoas nos centros urbanos, os problemas ambientais, nas últimas décadas, são cada vez mais comuns.

2.1.1 Degradação do meio ambiente

Na segunda metade do século XX, o crescimento populacional exacerbado e rápido foi um problema para países não desenvolvidos ou emergentes, uma vez que, suas cidades, destituídas de um planejamento urbano adequado, intensificaram o processo de degradação ambiental para comportar toda a população. Infelizmente, essa prática é vista até hoje (VERISSIMO E MENDONÇA, 2004).

As áreas verdes e os espaços livres são afetados e destruídos devido aos processos de urbanização rápidos e desordenados, que acabam precisando de muitas áreas para se expandir. A biodiversidade é prejudicada e, conseqüentemente, provoca um desequilíbrio ecológico (MINKS, 2013).

Os rios que se encontram nos centros urbanos estão perdendo seus espaços em consequência do crescimento populacional, logo há transformações e danos que prejudicam a todos que estão ao redor. Como mostra a Figura 1, a cobertura natural que se encontra nas margens está sendo impermeabilizada, impedindo assim a infiltração das águas pluviais e aumentando os casos de cheias, assoreamento e erosão do solo (PINTO, 2009).

Figura 1 – A vegetação mangue da cidade de Aracaju foi degradada para o seu crescimento.



Fonte: Fotojornalismoufs, 2013.

2.1.2 Urbanização acelerada e desordenada

A população brasileira, e de vários outros países, já esteve mais concentrada na região rural do que na urbana. Todavia, com o novo modelo de produção agrícola, depois da década de 70, e com a grande explosão demográfica, houve uma grande migração de pessoas do campo para a cidade. Este episódio resultou em um elevado crescimento dos centros urbanos, provocando um processo acelerado e não planejado de urbanização (COSTA, COSTA E POLETO, 2012).

A urbanização implica em alterações significativas no meio ambiente e nos processos hidrológicos, principalmente, devido à ação direta nos cursos d'água e nas superfícies das bacias hidrográficas. Em função de muitas áreas impermeabilizadas, foi observado a redução da infiltração de água no solo e aumento do volume de escoamento superficial, como mostra a Figura 2 (BAPTISTA, NASCIMENTO E BARRAUD, 2011).

Figura 2 - Enchente na cidade de Aracaju no bairro Centro.



Fonte: ARAGÃO, 2017.

Além de alterar o meio ambiente, há mudanças socioeconômicas que devem ser levadas em consideração, uma vez que afeta, diretamente, a vida da população e o processo da gestão urbana. Segundo Minks (2013), o descontrolado fluxo de pessoas, as impermeabilizações, as obras de infraestruturas urbanas aceleradas são responsáveis pelas inundações, enxurradas, má qualidade do ar, assim como pelos riscos para a saúde humana, energia, disponibilidade de água potável, gestão de resíduos e pelo efeito de ilha de calor urbano. A Figura 3, a seguir, mostra um exemplo de formação de ilhas de calor devido a urbanização na cidade de Aracaju.

Figura 3 - Formação de ilhas de calor devido a urbanização.



Fonte: ANDRADE, 2017.

O crescimento demográfico acelerado e o processo de urbanização aumentam, gradativamente, a produção de resíduos e de lixo. Estes, por consequência, são despejados nas ruas e nos rios, não possuem o descarte correto e acabam ocasionando alagamentos, uma vez que impedem que o sistema de drenagem funcione (Figura 4) (PINTO,2009).

Figura 4 – Resíduos encontrados em uma boca de lobo em Aracaju.



Fonte: EMSURB, 2017.

2.1.3 Crise dos recursos hídricos

O crescimento populacional e econômico do Brasil, na última década, gerou um aumento desenfreado do consumo dos recursos hídricos, tendo estes a disponibilidade limitada (VICTORINO, 2007). O desenvolvimento social e econômico é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento e gerenciamento dos recursos ambientais. Entretanto, nem sempre os recursos hídricos são gerenciados e não se é respeitada a sua limitação, por isso, muitos países estão atingindo condições de limitação hídrica (PINTO, 2009).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa necessita de 3,3 m³ de água por mês, ou seja, são necessários 110 litros de água diário para atender às necessidades básicas de um ser humano. Entretanto, no Brasil, o consumo diário por pessoa pode chegar a mais de 200 litros. Diante do cenário onde a disponibilidade de água potável é reduzida e a demanda por água só aumenta,

alternativas de reutilização e de preservação ganham destaque em debates sobre recursos hídricos (HESPANHOL, 2008).

2.1.4 Reaproveitamento da água

Para diminuir os problemas da escassez de água potável, a sua racionalização, a preservação e conservação dos recursos hídricos estão sendo essenciais e muito importantes. Medidas estão sendo tomadas, dentre elas, o aproveitamento e armazenamento da água da chuva em algumas cidades urbanas. Através dos telhados verdes, por exemplo, a água da chuva está sendo armazenada em cisternas e pode ser reutilizada, uma vez que a vegetação e o substrato são considerados filtros, diminuindo assim os agentes poluentes presentes na água (BALDESSAR, 2012).

Segundo Reis (2018), o reaproveitamento da água, que já passou por uma rede de esgoto e, posteriormente, por uma estação de tratamento, ainda é pouco utilizado em alguns lugares, devido ao elevado custo. Apesar disso, muitos países reutilizam a água já tratada, como Israel, por exemplo. Este país utiliza 70% do esgoto tratado para irrigação. Além disso, já existem cidades europeias que reusam a água, em média, 14 vezes.

No Brasil, especificamente em São Paulo, o uso da água para fins não-potáveis está crescendo, pois, algumas companhias estão utilizando os esgotos domésticos como matéria-prima para tal feito. O efluente doméstico passa por tratamentos, como por exemplo processos físico-químicos ou sistemas biológicos, para a reutilização dela depois de tratada, conhecida também como “água de reuso”. Essa água pode ser utilizada para lavagens de carros, irrigações de jardins e limpezas de ruas (HESPANHOL, 2008).

As águas cinzas, provenientes de chuveiros, tanques, lavatórios e máquinas de lavar, são consideradas adequadas para o reuso. Em uma residência, a separação das águas usadas é feita através de sistemas hidráulicos e sanitários próprios para o reuso e, dessa forma, há o descarte de efluentes que não servem para a reutilização (REIS, 2018).

2.2 TELHADO VERDE

2.2.1 Evolução histórica

Entre 600 a.C. e 450 a.C., as primeiras referências de jardins suspensos, como eram chamados, construídos foram os zigurates, da antiga Mesopotâmia e Babilônia, atual região do Iraque (Figura 5). Dentre eles, o mais famoso era conhecido como Etimenankin, onde era considerado templo sagrado. Apesar de ser uma técnica criada há muito tempo, infelizmente, ainda é pouco utilizada, principalmente, em países emergentes (RANGEL *et al.*, 2015).

Figura 5 - Zigurate recoberto por vegetação.



Fonte: COELHO, 2010.

Assim como no império Romano e, posteriormente, na Renascença Italiana e Francesa, observou-se a construção de moradias com coberturas verdes. Países que predominavam o frio, como: Escandinávia, Islândia e Rússia consideravam a prática, de telhados verdes, popular, pois as plantas absorviam o calor e mantinham as casas quentes. Vale ressaltar que essa prática não se reduzia apenas em telhados, mas também era utilizada em paredes, como os vikings que a levaram para o Canadá e Estados Unidos (Figura 6) (FERRAZ, 2011).

Figura 6 - Casa dos Vikings.



Fonte: MARQUES, 2012.

Principalmente na Alemanha, várias técnicas de construção de telhados verdes foram desenvolvidas nos anos 60. Na década de 70, muitos materiais, como camadas drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes inibidores de raízes, substratos de baixa densidade e espécies adequadas de plantas foram introduzidos. Na década seguinte, as leis alemãs municipais, estaduais e federais, estimularam o crescimento dessa prática de 15% a 20% ao ano (ARAUJO, 2007).

Nos dias atuais, visando combater o impacto ambiental e a rápida devastação dos espaços verdes em áreas de desenvolvimento urbano acelerado e desordenado, países como Alemanha (Figura 7), Áustria e Noruega já ampliaram as construções usando telhado verde (ARAUJO, 2007).

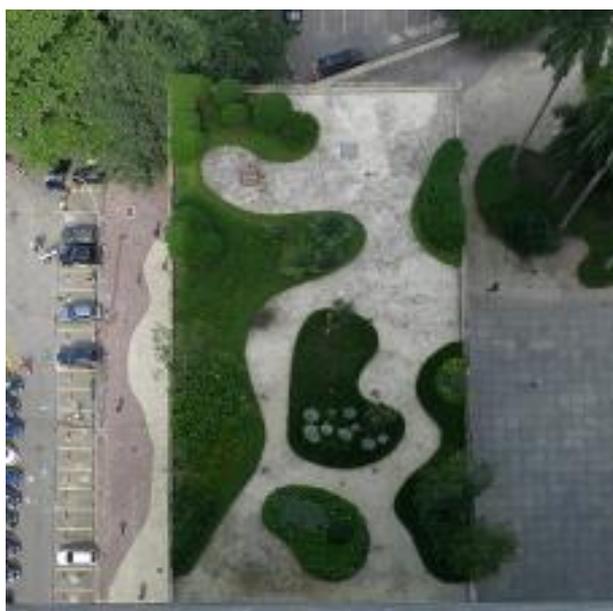
Figura 7 - Hotel com telhado verde na Alemanha.



Fonte: CORRENT, 2016.

Como afirma Savi (2012), no Brasil, a utilização das coberturas verdes surgiu no período arquitetônico do modernismo, sendo seu principal exemplar o Ministério da Saúde e Educação no Rio de Janeiro (Figura 8) do paisagista Burle Marx e dos arquitetos: Afonso Reidy, Carlos Leão, Ernani de Vasconcelos, Jorge Moreira, Lúcio Costa e Oscar Niemeyer.

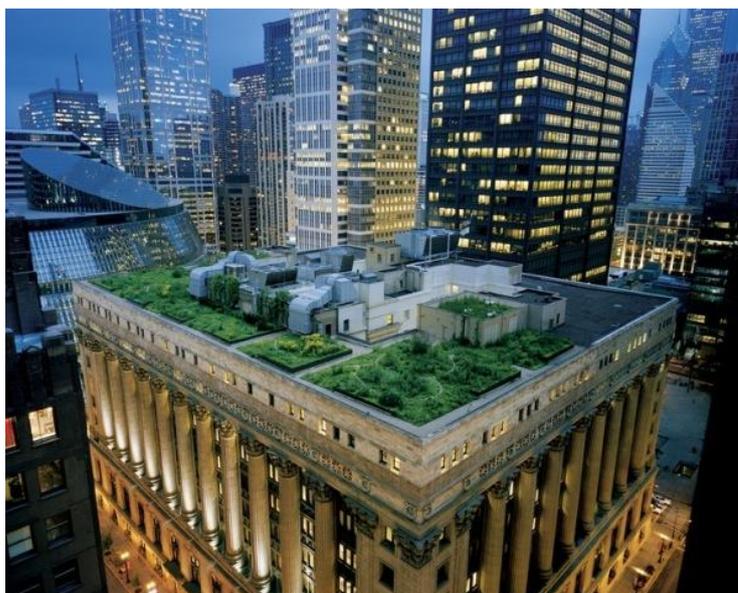
Figura 8 - Ministério da Saúde e Educação no Rio de Janeiro.



Fonte: SAVI, 2012.

Na Europa e na maioria dos países da América do Norte (Figura 9), a técnica do emprego de telhados verdes já é muito bem vista e com maior frequência. No Brasil, essa prática não é tão utilizada como nos países desenvolvidos, porém esse sistema está, aos poucos, ganhando espaço no ambiente urbano (SAVI, 2012).

Figura 9 - Sede da prefeitura de Chicago nos Estados Unidos.



Fonte: COOK E JENSHEL, 2015.

Alguns municípios brasileiros, como São Vicente, Sorocaba, Araraquara e Guarulhos no estado de São Paulo e Curitiba, no Paraná, optaram por reduzir o IPTU para cidadãos que implantam práticas ambientais nas suas propriedades urbanas, como o telhado verde. Dessa forma, o imposto ficou conhecido como IPTU Verde (ALMEIDA, 2018).

Em Recife, no estado de Pernambuco, foi criada a lei N° 18.112, em 2015, que diz: “Os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m² de área de coberta deverão prever a implantação de "Telhado Verde" para sua aprovação”. Com essa lei, torna a obrigatoriedade da instalação do telhado verde para melhorar a qualidade ambiental das edificações (Figura 10).

Figura 10 - Edifício-garagem Empresarial Charles Darwin com oito andares em Recife.



Fonte: Sustentarqui, 2015.

Outro exemplo da utilização da cobertura verde foi em Salvador, Bahia. Houve a implementação do telhado em um ponto de ônibus na cidade, como mostra a Figura 11, com o plantio de grama, plantas ornamentais e flores.

Figura 11 - Ponto de ônibus com telhado verde em Salvador.



Fonte: NAVILLE, 2016.

2.2.2 Definição

O telhado verde, conhecido também por cobertura verde, telhado vivo ou jardim suspenso, é uma técnica que utiliza uma cobertura vegetal, como grama, hortaliças ou plantas, podendo ser instalado em estruturas como lajes ou em telhados convencionais (Figura 12). Vale ressaltar que possui várias vantagens, dentre elas: conforto térmico e acústico nos ambientes internos, aumento das áreas verdes, diminuição das ilhas de calor e redução do escoamento superficial (RANGEL *et al.*, 2015).

Figura 12 - Casa com telhado verde em Singapura.



Fonte: RIGG, 2016.

É notório que o telhado verde é considerado uma solução quando se fala em sustentabilidade, pois está, cada vez mais, presente em metrópoles, devido aos grandes problemas ambientais (CORRENT, 2016). Além disso, ele serve tanto para melhorar a qualidade de vida da população como para manter o equilíbrio ecológico, uma vez que será habitat para fauna urbana, aumentará o consumo de oxigênio e diminuirá a concentração de gás carbônico, devido ao processo de fotossíntese que as plantas fazem (SETTA, 2017).

Para sua execução, é de extrema importância que a camada impermeabilizante da laje seja feita de forma adequada e com muito cuidado para impedir infiltrações futuras. É necessário que os materiais sejam escolhidos de forma correta para compor a camada filtrante. A espessura da camada do solo irá variar,

devido ao tipo de telhado verde escolhido a fim de conseguir uma drenagem eficiente. Dependendo do pré-projeto da cobertura verde, a água resultante da drenagem poderá ser reutilizada para atividades futuras, como por exemplo, para irrigação (ARAUJO, 2007).

Apesar de possuir várias vantagens, deve-se considerar também o aumento do peso na estrutura do telhado. É primordial que haja todo um planejamento técnico antes da implantação do telhado verde, mesmo para estruturas já existentes ou para futuras construções. Para que não haja problemas na parte estrutural e assegurar a estabilidade da edificação, é necessário ter os cálculos de resistência dos pilares, das vigas e das lajes, pois deve-se analisar as cargas atuantes, o peso adicional da vegetação, do solo (saturado e seco) e dos redutores de escoamento. Os projetos devem prever todas essas cargas para que não entrem em colapso e a estrutura não suporte (SETTA, 2017).

2.2.3 Benefícios

2.2.3.1 Contenção de água

Com a urbanização desordenada e acelerada, os centros urbanos cresceram com falta de planejamento e isso acarretou no aumento de áreas impermeabilizadas. Por conta disso, os sistemas de drenagem da cidade ficam sobrecarregados, perdem a eficiência e, conseqüentemente, provocam inundações em épocas de chuva, como mostra a Figura 13 (SAVI, 2012).

Figura 13 - Canal de drenagem do Centro da cidade de Aracaju, Sergipe.

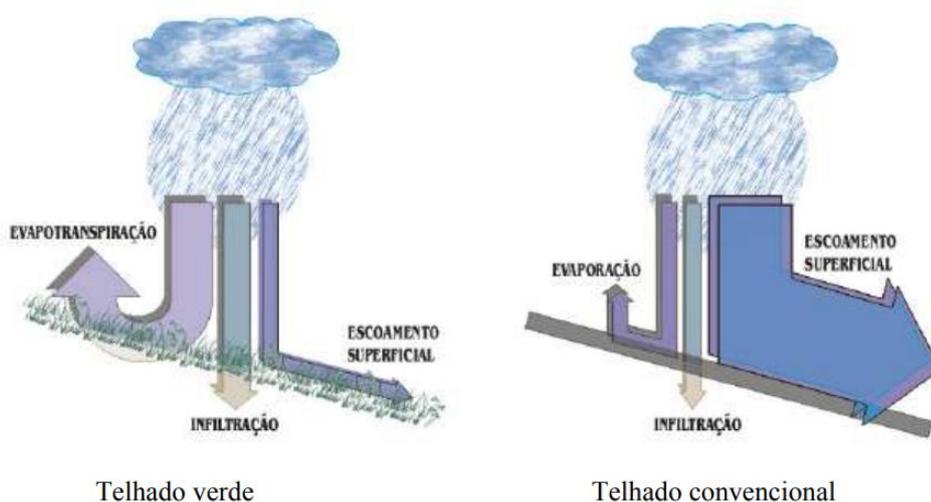


Fonte: Cotidiano, 2018.

Os sistemas de telhado verde se destacam em meio aos outros sistemas de drenagem urbana devido a sua grande capacidade de absorção de água. Segundo Baldessar (2012), durante e após grandes picos de chuva, as plantas, a camada de drenagem e o substrato são capazes de absorver quantidades significativas de precipitações pluviais, conseqüentemente, reduzindo o volume de escoamento superficial.

Estudos foram realizados por Ferreira e Moruzzi (2007), que analisaram um balanço hídrico composto por evapotranspiração, escoamento superficial, precipitação atmosférica, infiltração e escoamento subterrâneo. Considerando um solo instaurado, o autor demonstrou que em uma precipitação de 35,41 mm, o telhado verde consegue reduzir em até 13,91 mm o volume de escoamento superficial. Na Figura 14 observa-se uma comparação entre os telhados verde e convencional.

Figura 14 - Comparação do escoamento superficial entre os telhados verde e convencional.



Fonte: MEDIONDO, 2004.

De acordo com Thomazelli (2013), os telhados verdes são utilizados como alternativa de redução de enchentes nos grandes centros urbanos, uma vez que o mesmo é capaz de armazenar uma parte do deságue de precipitações.

A redução do escoamento superficial varia entre 40% e 80%, em situações de grandes picos de chuvas e em condições climáticas normais, respectivamente. (FERREIRA E MORUZZI, 2007).

2.2.3.2 Reutilização de águas pluviais

O telhado verde pode ser associado a um sistema de aproveitamento de água pluvial, principalmente diante a uma visão de escassez de água que pode atingir toda a população nas próximas décadas (BALDESSAR, 2012).

Em uma análise anual, o telhado verde armazena cerca de 75% da precipitação. Além disso, o volume não absorvido pelo substrato, pode ser usado como uma alternativa sustentável de utilização de águas para fins não potáveis, como exemplo, lavagem de calçadas e descarga sanitária (FERREIRA E MORUZZI, 2007).

A ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnica, (2007) através da Norma NBR 15527 apresenta requisitos para regulamentar a utilização das águas pluviais de coberturas urbanas para fins não potáveis.

Curitiba possui uma lei que foi criada em 2003, Lei Nº 10.785, que determina a criação do Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações, para que se iniciasse um uso econômico de água potável.

Outro exemplo de lei é, a Lei Nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007, criada para o estado de São Paulo, que especifica que obras com área maior que 500 m², é necessário a coleta de chuva a fim de evitar inundações. A água que é coletada é encaminhada até um reservatório e em seguida ser usada para fins não potáveis ou ser despejada na rede de drenagem.

2.2.3.3 Capacidade energética e térmica

Conforme Cantor (2008), as temperaturas nos centros urbanos costumam ser muito altas, isto porque a energia solar transforma-se em calor que é absorvida durante o dia pela massa construída e pelo solo, aumentando assim as temperaturas e criando as “ilhas de calor”. Com isso, o gasto energético aumenta devido a necessidade do uso de ar condicionado.

Uma alternativa para a melhoria do conforto térmico para a redução do efeito das “ilhas de calor” é a instalação de sistemas de telhado verde em larga escala, devido ao processo de evapotranspiração (BEATRICE, 2011). A instalação de um telhado verde é capaz de reduzir em 2 a 7 % o consumo anual de energia elétrica (THOMAZELLI,2013).

Outro aspecto positivo do telhado verde é o equilíbrio da temperatura interna do edifício. Comprova Thomazelli (2013), que o uso do substrato e da vegetação contribuem para a moderação da temperatura, já que o mesmo registrou uma diferença de 53 °C ao comparar a temperatura de uma laje preta comum à 80°C com uma laje composta por vegetação à 27 °C.

2.2.3.4 Âmbito agradável, recreativo e ecológico

Thomazelli (2013) faz alusão a vantagens estéticas, ecológicas e econômicas devido ao uso de telhado verde, já que a vegetação, nas coberturas, tem a capacidade de integrar o ambiente urbano com a natureza, tornando-o mais ameno, confortável e provocando uma maior sensação de bem-estar (Figura 15).

Figura 15 - Exemplo de lazer no telhado verde.



Fonte: GONÇALVES, 2015.

Para Cantor (2008), coberturas verdes possuem amenidade visual em relação a coberturas compostas de telhas comuns, uma vez que há o plantio de plantas ornamentais, medicinais e até o cultivo de alimentos. Além disso, elas também acabam amortecendo os ruídos, servindo assim como barreiras acústicas, e oferecem uma forma de lazer ou recreação, através de jardins e parques.

2.2.3.5 Diversidade biológica

Além de todas os benefícios econômicos e térmicos, a implantação de vegetação nas coberturas é capaz de contribuir para a redução de poluentes atmosféricos, como óxidos de enxofre, através da absorção dos estômatos presentes nas superfícies das plantas. Segundo Thomazelli (2013), as árvores de um estacionamento foram capazes de filtrar mais de 85% das partículas suspensas, além de manter uma maior eficiência do ciclo entre oxigênio e gás carbônico com o processo de fotossíntese.

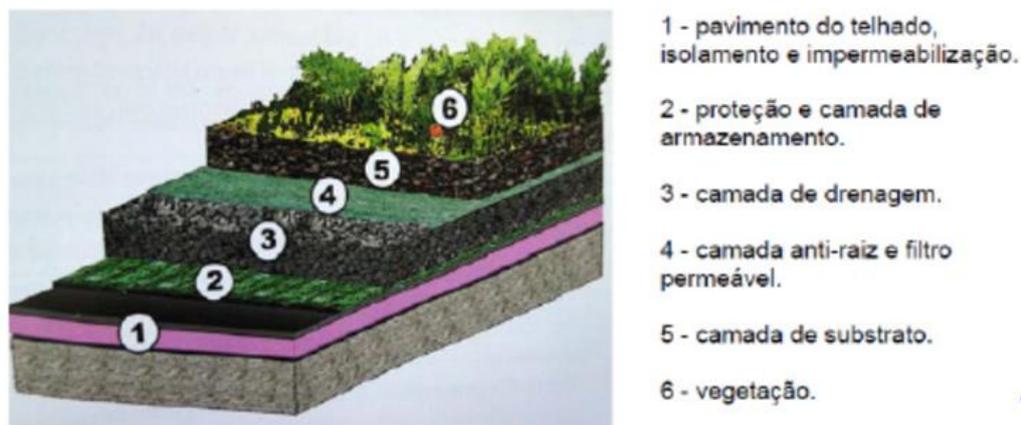
É observado que a vegetação utilizada no telhado verde, típica da região, proporciona o aumento do ecossistema, uma vez que há o aparecimento de animais como insetos, pássaros que ajudam no processo de polinização, estabelecendo assim uma presença da vida nativa e reestabelecendo um espaço vital para outras espécies da cidade (Figura 16).

2.2.4 Composição da estrutura do telhado verde

Segundo Savi (2012), a cobertura verde pode ser estruturada sobre vários tipos de diferentes acabamentos, dentre eles: laje de concreto, tabuado de madeira, chapas de compensado estruturado, placas cimentícia, telha metálica, telha cerâmica, Steel Deck (estrutura metálica em composição com camada de concreto), estrutura de madeira e bambu e estrutura do telhado existente.

As camadas que compõe o telhado verde (Figura 16) devem garantir impermeabilização, sustentação e um bom funcionamento. Há várias formas de estruturar o telhado verde, entre eles: impermeabilização, camada de drenagem, camada filtrante, membrana antirraízes, substrato e vegetação.

Figura 16 - Composição do telhado verde.



Fonte: SAVI, 2012.

2.2.4.1 Impermeabilização

A impermeabilização protege toda a cobertura e deve ser feita de acordo com a estrutura do telhado que foi implementada. É de suma importância que essa camada impermeabilizante seja executada de maneira correta e programada, pois protege contra as raízes das plantas e, caso seja má executada ou use materiais inadequados, poderá comprometer toda a edificação, favorecendo assim para o surgimento de patologias (CARVALHO, 2017).

2.2.4.2 Camada de drenagem

Essa camada possui, principalmente, duas funções no telhado verde, que são drenar e armazenar a água acumulada. A primeira serve para evitar que o solo chegue a sua saturação completa. Já a segunda, garante que a água armazenada seja utilizada na vegetação, ou seja, evita a possibilidade de usar a irrigação constantemente. É notório que os materiais porosos, como a argila expandida, são melhores para garantir uma maior absorção da água (SAVI, 2012).

2.2.4.3 Camada filtrante

Camada que separa a parte inferior do substrato da camada de drenagem e pode ser composta por geotêxtil, manta filtrante ou bidim. Apesar de possuir pouca espessura, é de suma importância, pois retém os substratos e impedem que as

partículas menores obstruam o sistema de drenagem, podendo tornar ineficiente (WILLES, 2014).

2.2.4.4 Membrana antirraízes

Savi (2012) afirma que essa camada tem a função de proteger a estrutura das raízes, isto é, evita que as raízes prejudiquem a impermeabilização e danifiquem a mesma. É notório que já existem impermeabilizantes que possuem herbicidas para proteger a camada das raízes. Essa membrana antirraízes é composta por trama de alta densidade, como por exemplo lonas polietileno (PEAD) que também são utilizadas em caminhões. Logo, não pode ser colocada mantas feitas de tecido, uma vez que as raízes conseguem penetrá-las devido aos espaços vazios.

É importante que a membrana contra raízes seja alocada sobre a camada de drenagem ou abaixo dos módulos de retenção de água. É sugestivo que haja uma manta de retenção de nutrientes sobre a camada de drenagem a fim de abastecer as plantas (SAVI, 2012).

2.2.4.5 Substrato

Tem a função de fazer suporte à vegetação, ou seja, está diretamente ligado ao seu desenvolvimento, uma vez que proporciona nutrientes, água e favorece o enraizamento das plantas. Evidencia-se que a grande quantidade de nutrientes ajuda no rápido crescimento da vegetação, provocando o aumento do peso na estrutura. Vale ressaltar que a espessura e composição do substrato irão depender da composição do tipo de telhado verde escolhido (NASCIMENTO, 2008).

Os substratos podem ser orgânicos ou inorgânicos. Os primeiros são feitos de matéria vegetal, dentre eles se destacam: cascas de pinheiros, fibras de coco e cascas de arroz (SAVI, 2012). A Figura 17 mostra alguns exemplos de substratos orgânicos.

Figura 17 - Tipos de substratos orgânicos.

Fonte: SAVI, 2012.

Já os substratos inorgânicos são oriundos da matéria mineral. Os que mais se destacam são: material vulcânico como pedra-pomes e perlita, agregados de argila expandida de xisto ou ardósia, brita, areia e vermiculita (JOBIM, 2013).

2.2.5 Tipos

O telhado verde pode ser classificado em três tipos: extensiva, semi-intensiva e intensiva (Quadro 1). Cada tipo possui características importantes que devem ser consideradas, como por exemplo a espessura do substrato, o tipo de planta que será colocado, o tamanho da raiz e a frequência necessária para a manutenção. Além disso, deve-se observar a estrutura que receberá o tipo da cobertura verde, pois a carga atuante deve ser levada em consideração (JOBIM, 2013).

Quadro 1 – Características dos tipos de telhado verde.

Itens	Telhado Verde extensivo	Telhado Verde semi-intensivo	Telhado Verde intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura do sistema	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150-400 mm
Peso	60-150 kg / m ²	120-200 kg / m ²	180-500 kg / m ²
Custos	Baixo	Meio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

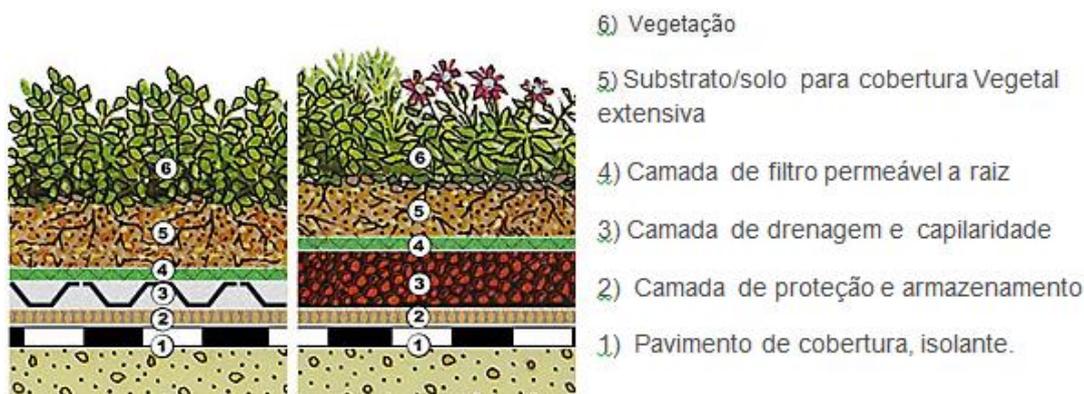
Fonte: Green Roof Technology, 2013.

2.2.5.1 Sistemas extensivos

Esse sistema é caracterizado por possuir baixa profundidade de substrato, necessita de pouca manutenção por comportar plantas de pequeno porte, uma vez que seu crescimento é lento, pouco expressivo (Figura 18) e não são necessários sistemas de irrigações permanentes, tornando-o, assim, mais barato e simples (NASCIMENTO, 2008).

Segundo *Green Roof Technology*, as vegetações mais comuns e utilizadas para o telhado verde extensivo são pequenas gramíneas, ervas e plantas herbáceas com flores e a camada de substrato varia em torno de 10 cm de espessura.

Figura 18 - Cobertura verde extensiva.



Fonte: Arquitetura Sustentável, 2013.

Além disso, o telhado verde extensivo pode ser executado em várias estruturas, como em telhas cerâmicas, de fibrocimento, coberturas de aço e lajes (Figura 19). É mais utilizado em áreas de coberturas grandes por ser mais leve e não apresenta uma estética tão atrativa como os sistemas semi-intensivo e intensivo. Apesar disso, pode ser considerado um sistema versátil, prático, além de apresentar um gerenciamento eficiente de águas pluviais (JOBIM, 2013).

Figura 19 - Casa no Rio Grande do Sul com telhado verde extensivo.



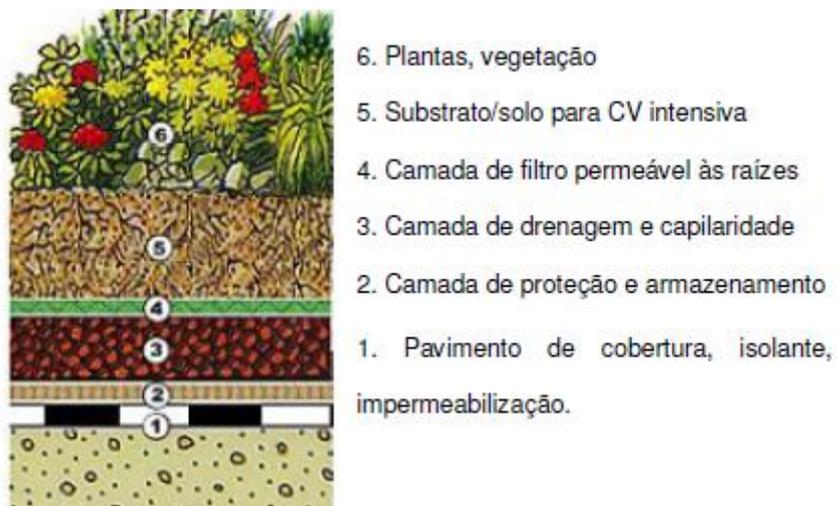
Fonte: Folha Online, 2008.

2.2.5.2 Sistema semi-intensivo

Apresenta características tanto do extensivo como do intensivo, então pode ser considerado um sistema intermediário. Além do plantio de alguns tipos de arbustos, plantas lenhosas e ervas, também pode haver o cultivo de alimentos. Possui a camada de substrato mais espessa, variando entre 10 a 20 cm, quando comparado com o sistema extensivo, como mostra a Figura 20, e suporta uma maior variedade de planta (JOBIM, 2013).

Possibilita uma maior área de lazer e um paisagismo mais elaborado, porém necessita de uma demanda periódica de manutenção e irrigação e apresenta um maior custo, em relação ao sistema extensivo (Green Roof Technology, 2013).

Figura 20 - Cobertura verde semi-intensiva.



Fonte: SAVI, 2012.

Esse tipo de sistema foi utilizado no Shopping Eldorado, em São Paulo, para a implementação de uma horta urbana, como mostra a Figura 21. Tal iniciativa teve como objetivo produzir alimentos frescos para serem utilizados nos restaurantes do shopping.

Figura 21 - Horta urbana no shopping Eldorado em São Paulo.

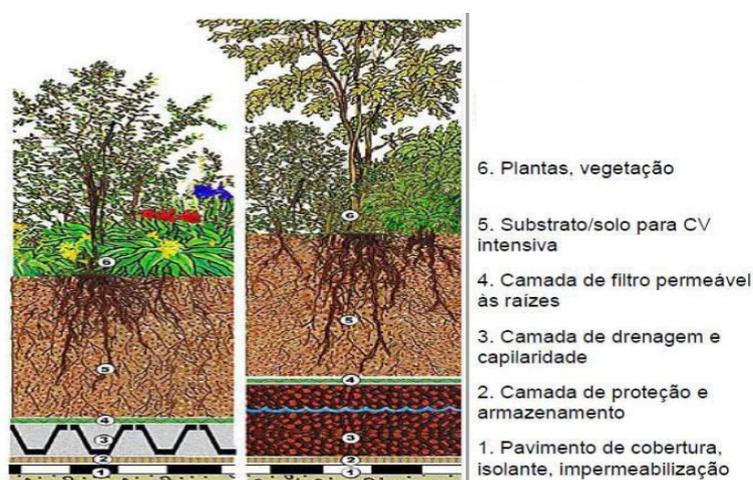


Fonte: ECOEFICIENTES, 2013.

2.2.5.3 Sistemas intensivos

É caracterizado por apresentar uma grande variedade de plantas de pequeno e médio porte (Figura 22), e, conseqüentemente, necessita de uma manutenção e irrigação regular, pois para comportar esse tipo de vegetação, a camada de substrato é mais espessa, chegando a 30 cm. Vale ressaltar que, como as camadas são mais grossas e o porte das plantas é maior, o peso da cobertura irá aumentar, então a estrutura que receberá o peso deve estar reforçada consideravelmente para aguentar as cargas atuantes (SAVI, 2012).

Figura 22 - Cobertura verde intensiva.



Fonte: Arquitetura e Sustentabilidade, 2012.

A cobertura verde intensiva oferece um maior teor estético, um paisagismo exuberante e uma área maior de recreação, pois suporta de pequenos jardins pessoais até parques públicos. É observado também o plantio e cultivo de alimentos nesse tipo de telhado verde. Por outro lado, possui um elevado custo de implementação, devido aos maiores cuidados na manutenção, irrigação e no reforço estrutural (JOBIM, 2013).

A Figura 23 mostra um exemplo de cobertura verde intensiva na cidade de Namba, no Japão.

Figura 23 - Complexo comercial Namb Park, Japão.



Fonte: GARDENS, 2014.

2.2.6 Vegetação

A escolha da vegetação mais adequada para o telhado verde é de suma importância e devem ser levados em consideração vários fatores, entre eles: espessura da camada do substrato e seu tipo, clima do local, índices pluviométricos da região, índice de radiação, vegetação local e exposição ao vento (NASCIMENTO, 2008).

A vegetação predominante em Aracaju (SE), é a litorânea, caracterizada por possuir coqueiros, vegetação rasteira e mangue. Ainda há resquícios da mata atlântica, mas a maior parte foi devastada devido à urbanização acelerada.

O telhado verde que mais se adaptaria seria o extensivo com a vegetação gramíneas, uma vez que são rasteiras, flexíveis, necessitam de pouca manutenção e se adequaria nesse clima. Por outro lado, a cobertura verde intensiva com a vegetação típica da mata atlântica também seria uma opção proveitosa.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE ARACAJU

A cidade de Aracaju está localizada no estado de Sergipe, na região Nordeste do Brasil. Possui uma área 181,8 km², coordenadas geográficas de 10° 55' 56" de latitude sul e 37° 04' 23" de longitude oeste e está inserida na mesorregião do Leste Sergipano (ARAÚJO *et al.*, 2010).

O processo de urbanização de Aracaju ocorreu, primeiramente, em áreas mais elevadas e, posteriormente, nos locais mais baixos através de aterros em áreas alagadiças, pois a maior parte do município era formado por mangue. Com o crescimento desordenado e acelerado, as redes de infraestrutura e de saneamento básico não conseguiram acompanhar o desenvolvimento urbano, uma vez que não houve planejamento. Em consequência, a presença de pontos de alagamentos e enchentes tornaram-se comuns na cidade (SEMARH, 2011).

2.3.1 Clima

Há predominância do clima úmido em Aracaju, devido a sua proximidade com a área marítima, posição geográfica e sistemas meteorológicos anual. Além disso, por possuir um período seco nas estações primavera/verão e período chuvoso no outono/inverno, seu regime pluviométrico é do tipo mediterrâneo (ARAÚJO *et al.*, 2010).

Segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), como mostra a Figura 24, a temperatura média da cidade de Aracaju, em 2017, foi de 26,5° C.

Figura 24 - Variação da temperatura de Aracaju em 2017.

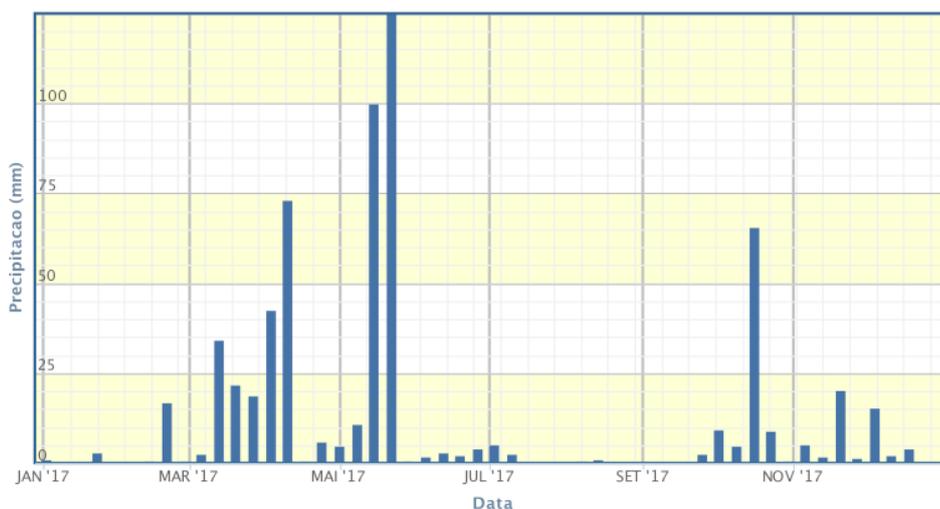


Fonte: Dados da Rede do INMET, 2018.

2.3.2 Índice pluviométrico

É observado que as maiores precipitações de Aracaju, como mostra a Figura 25 de 2017, ocorreram nos meses de abril com média de 40 mm e maio com uma média de 257 mm. Já os meses mais secos foram agosto e setembro.

Figura 25 - Índice pluviométrico de Aracaju em 2017.



Fonte: Dados da Rede do INMET, 2018.

2.3.3 Pontos de alagamento

Através de pesquisas, Goes (2014) afirma que Aracaju possui 57 pontos de alagamento. Eles se concentram na zona norte da cidade, onde está concentrada a maior parte da população. É observado que a falta de eficiência do sistema de drenagem por possuir rede de condutos subdimensionados, a modificação do solo devido ao processo acelerado dos centros urbanos e a impermeabilização favoreceram para o aparecimento de inundações nesses locais.

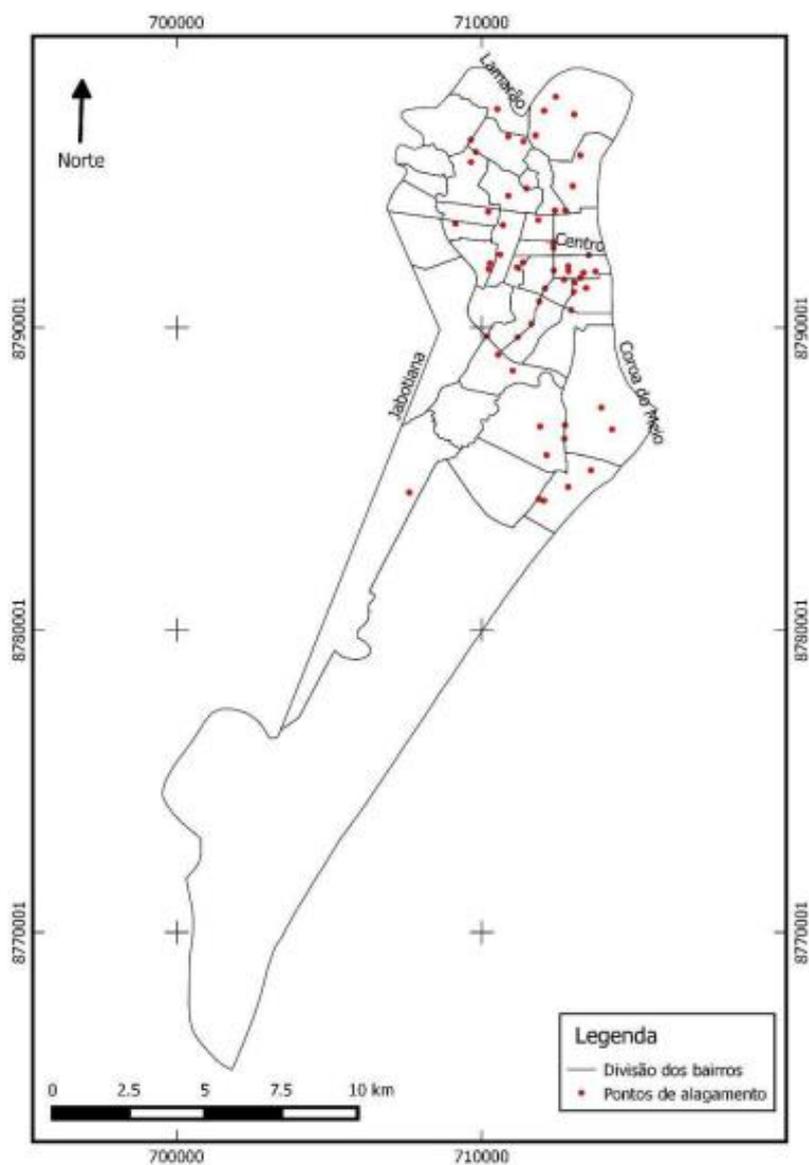
Apesar dos problemas observados, os canais foram dimensionados somente para a captação da água da chuva, porém a população da região joga resíduos sólidos e, conseqüentemente, os canais estão funcionando como canais de esgoto.

2.3.3.1 Bairros que sofrem com as enchentes

Os bairros que mais sofrem enchentes são: Centro, Getúlio Vargas, Cirurgia, Suissa, São José, Treze de Julho, Santo Antônio e Industrial, uma vez que o processo de urbanização foi iniciado, primeiramente, nessas áreas. Os bairros Coroa do Meio, Farolândia e Atalaia também apresentam pontos de alagamento, pois, apesar de serem mais recentes, possuem uma ocupação desorganizada (GOES, 2014).

A Figura 26 mostra o mapeamento dos pontos de alagamento em Aracaju, Sergipe.

Figura 26 - Mapa dos pontos de alagamento de Aracaju.



Fonte: GOES, 2014.

2.3.4 Popularidade do telhado verde em Aracaju

Apesar da grande popularidade do telhado verde em alguns estudos do Brasil, em Aracaju a ideia do uso de vegetação em coberturas ainda é inicial. Poucos são os pontos onde podem ser encontradas telhados verdes na capital sergipana. Um dos poucos exemplos de cobertura verde encontrada em Aracaju são as coberturas do Calçadão da Praia Formosa, inaugurado no dia 15 de julho de 2016, localizada no Bairro Treze de Julho, zona sul de Aracaju (Figura 27).

Figura 27 - Vista aérea do Calçadão da Praia Formosa.



Fonte: FLORIANO, 2016.

Contudo, estudos já foram realizados a fim de mostrar a importância desse tipo de cobertura, principalmente próximos a pontos de alagamento da cidade de Aracaju. Segundo Vieira, Junior e Ribeiro (2015), a instalação do telhado verde reduz o volume de água destinado as redes de drenagem, entretanto, para essa redução, os mesmos precisam ser instalados em larga escala ou em coberturas com grandes áreas, para a redução dos “picos” de enchentes.

3 METODOLOGIA

3.1 AMBIENTE DE PESQUISA

Nos bairros Centro e Industrial, em Aracaju, apesar de possuir dois canais de drenagem e bocas de lobo que compõem o sistema de drenagem na área, tais formas não suprem os volumes de precipitações, pois há problemas como canos subdimensionados e falta de manutenção em toda extensão do bairro. Além disso, os resíduos sólidos encontrados nas ruas, devido à falta de instrução da população, favorecem para entupimentos dos bueiros, aumentando assim as inundações.

Foi observado que ambos os bairros possuem dois canais que influenciam diretamente no escoamento superficial da região em estudo. No bairro Centro encontra-se o canal Gonçalo Prado Rolemberg com comprimento de 1.756,26 m e no bairro Industrial o canal Ayrton Teles com extensão de 1.547,00 m.

Logo, é notório que, nos bairros citados acima, as coberturas convencionais auxiliam diretamente nas enchentes urbanas, pois a maior parte da água que incide sobre o telhado escorre para o sistema público de águas pluviais, ocasionando assim, altas vazões momentâneas e alagamentos, como mostra a Figura 28.

Figura 28 - Rua alagada no Centro de Aracaju.



Fonte: Cotidiano, 2017.

No estudo de caso, serão feitos alguns cálculos de volume e aplicação de telhados verdes no restaurante popular Padre Pedro, localizado no bairro Centro e o Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco, localizado no bairro Industrial, em

Aracaju, Sergipe. É observado que, a distância entre os locais escolhidos corresponde a 400 m, portanto, o alagamento de um bairro que ocorre no canal de drenagem prejudica o outro bairro, já que possuem uma proximidade relevante.

Logo, o intuito desse estudo é demonstrar quanto o volume escoado das chuvas será absorvido com a presença de telhados verdes nas áreas de coberturas dos locais escolhidos, isto é, de quanto será o retardamento do volume escoado para o sistema de drenagem. Além disso, observar se haveria redução de enchentes onde se encontra o restaurante e o mercado municipal, pois em épocas de chuvas, os bairros Centro e Industrial sofrem com inundações.

Além do teor absorvido, as questões sociais também serão levadas em consideração, uma vez que serão elaborados um telhado verde do tipo semi-intensivo no restaurante Padre Pedro para o cultivo de hortaliças e um do tipo intensivo para o Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco.

3.2 COLETA DE DADOS E FERRAMENTAS DE PESQUISA

Serão contabilizados os canais na cidade e no bairro Centro através de dados fornecidos pela Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB), serão tiradas fotos das redes de drenagem nos locais escolhidos e a planilha de custos, para o orçamento da implementação do telhado verde, será feita pelo programa ORSE¹.

Para encontrar os volumes escoados, serão utilizados o Coeficiente de Runoff², uma vez que, o valor desse coeficiente de escoamento superficial varia de acordo com a quantidade de chuva. As áreas de cobertura serão calculadas utilizando o Google Earth e AutoCAD e os dados pluviométricos dos bairros serão usados dados fornecidos pelo SINDA (Sistema Integrado de Dados Ambientais).

Segundo Carvalho e Silva (2006), para encontrar o volume de escoamento, deve ser utilizada a seguinte equação (1):

$$V = A . P . C \quad (\text{Eq.1})$$

¹ Software para orçamentos de obra desenvolvido pela CEHOP (Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe).

² O coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de Runoff, representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.

Onde: A = área de cobertura em m^2

P = precipitação em mm

C = coeficiente de Runoff

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LOCAIS ESCOLHIDOS

Para a realização do estudo de caso, foram escolhidos o restaurante Popular Padre Pedro, localizado na Avenida Dr. Carlos Firpo, Bairro Centro e o Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco, localizado na Avenida Ivo do Prado, Bairro Industrial, ambos em Aracaju (Figura 29), Sergipe.

Figura 29 - Restaurante Popular Padre Pedro e Mercado Municipal Maria Virgínia Leite.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Foi observado alguns problemas no sistema de drenagem na região onde se encontram os estabelecimentos. A população da região joga muitos resíduos sólidos na rua e no canal de drenagem, pois um dos motivos que proporciona o acúmulo de lixo se deve a presença de lojas comerciais e estabelecimentos que consertam automóveis, fornecendo assim o acúmulo de lixo.

Este problema agrava ainda mais a formação de enchentes, pois com os resíduos sólidos no canal, a sua profundidade diminui e, com as chuvas frequentes, há inundações. As Figuras 30 e 31 mostram resíduos encontrados no canal.

Figura 30 - Ferragens no canal
Gonçalo Prado Rolemberg.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Figura 31 - Resíduos sólidos no canal
Gonçalo Prado Rolemberg.



Fonte: LEITE, 2015.

Além do lixo presente no canal, a falta de manutenção e obstrução do sistema de drenagem na região é perceptível, como mostra a Figura 32. Bocas de lobo danificadas, bueiros sujos e com lixo auxiliam, ainda mais, para que haja enchentes na região. Logo, o descaso da população e dos órgãos do municipal favorecem para que o atual problema persista.

Figura 32 - Sistema de drenagem danificado.



Fonte: Autoria própria, 2018.

Foi encontrado também efluentes (resíduos provenientes dos esgotos e das redes pluviais) próximo ao mercado Municipal (Figura 33). Como é notório, estes problemas são facilmente observados em áreas que ocorrem inundações em épocas de chuvas na cidade de Aracaju. Logo, o telhado verde nessas regiões poderiam ser uma solução para diminuir o escoamento superficial.

Figura 33 - Efluente próximo ao mercado municipal.

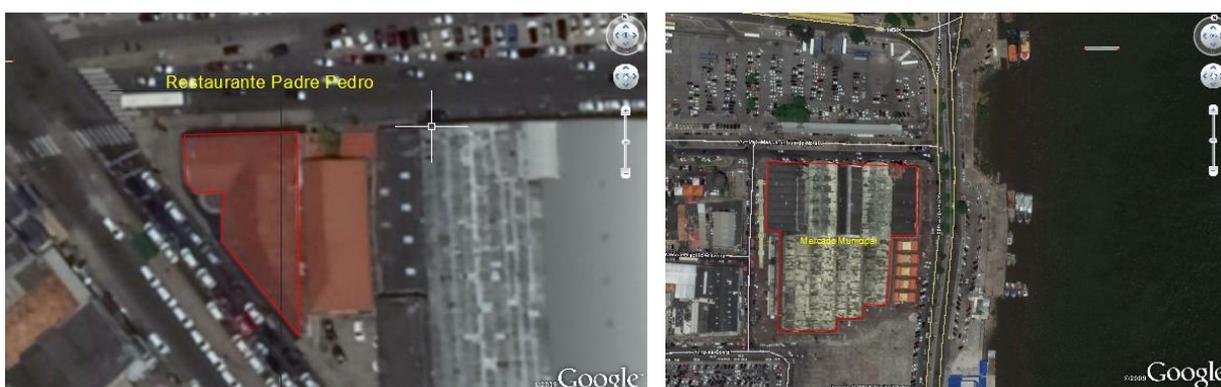


Fonte: Autoria própria, 2018.

4.1.1 Áreas de cobertura do telhado

Com o auxílio do programa Google Earth, foram obtidas as imagens de satélite das coberturas do restaurante Popular Padre Pedro e do Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco, como mostra a Figura 34.

Figura 34 - Foto aérea do restaurante Padre Pedro e do Mercado Municipal em Aracaju.



Fonte: Google Earth, 2018.

Com o programa AutoCAD, foram dimensionadas as áreas de cobertura e a soma delas serão utilizadas para encontrar o volume de escoamento superficial da região, como mostra a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Áreas de cobertura dos locais escolhidos.

Locais	Áreas de cobertura (m²)
Restaurante Popular Padre Pedro	501,72
Mercado Municipal Virgínia Leite Franco	12.132,25
Total	12.633,97

Fonte: Google Earth, 2018.

4.1.2 Dados Pluviométricos

Para a análise do volume do escoamento superficial, foram calculadas as médias mensais das precipitações dos últimos 5 anos, conforme a Tabela 2, com base nos dados obtidos no SINDA (Sistema Integrado de Dados Ambientais).

Tabela 2 - Médias das precipitações mensais dos últimos 5 anos.

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	14,03
Fevereiro	52,13
Março	78,50
Abril	214,08
Maio	378,67
Junho	224,83
Julho	628,08
Agosto	202,81
Setembro	115,33
Outubro	50,81
Novembro	33,50
Dezembro	23,42

Fonte: SINDA, 2018.

4.1.3 Coeficientes de Escoamento Superficial

Para calcular o escoamento superficial em telhados convencionais, considerou-se $C=0,80$. Entretanto, para o cálculo do escoamento em telhados verdes, o valor de C é em função da intensidade de chuvas ocorridas no mês, como descrito por Robertson *et al.* (2005), na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de Runoff em Telhados Verdes.

Quantidade de chuva	Coeficiente de Runoff Racional
< 13 mm	0,07
13 - 25 mm	0,13
25 - 39 mm	0,25
> 39 mm	0,55

Fonte: Robertson *et al.* (2005).

4.1.4 Cálculo dos volumes de escoamento superficial

Para a obtenção dos resultados, foram utilizados a área total dos estabelecimentos escolhidos (Tabela 1), a média das precipitações de cada mês (Tabela 2), a variação do coeficiente de Runoff observando sempre a quantidade de chuva (Tabela 3) e, por conseguinte, foram empregados na Equação (1).

Foi feita para os 12 meses e encontrou-se os valores:

- **Janeiro:**

Volume de Escoamento em Telhado Convencional:

$$V = A . P . C \quad (\text{Eq.1})$$

$$V = 12633,97 . 14 . 0,8$$

$$V = 141,50 \text{ m}^3$$

Volume de Escoamento em Telhado Verde:

$$V = A . P . C \quad (\text{Eq.1})$$

$$V = 12633,97 . 14 . 0,13$$

$$V = 22,99 \text{ m}^3$$

Dando continuidade aos cálculos, nos meses seguintes foram obtidos os seguintes valores:

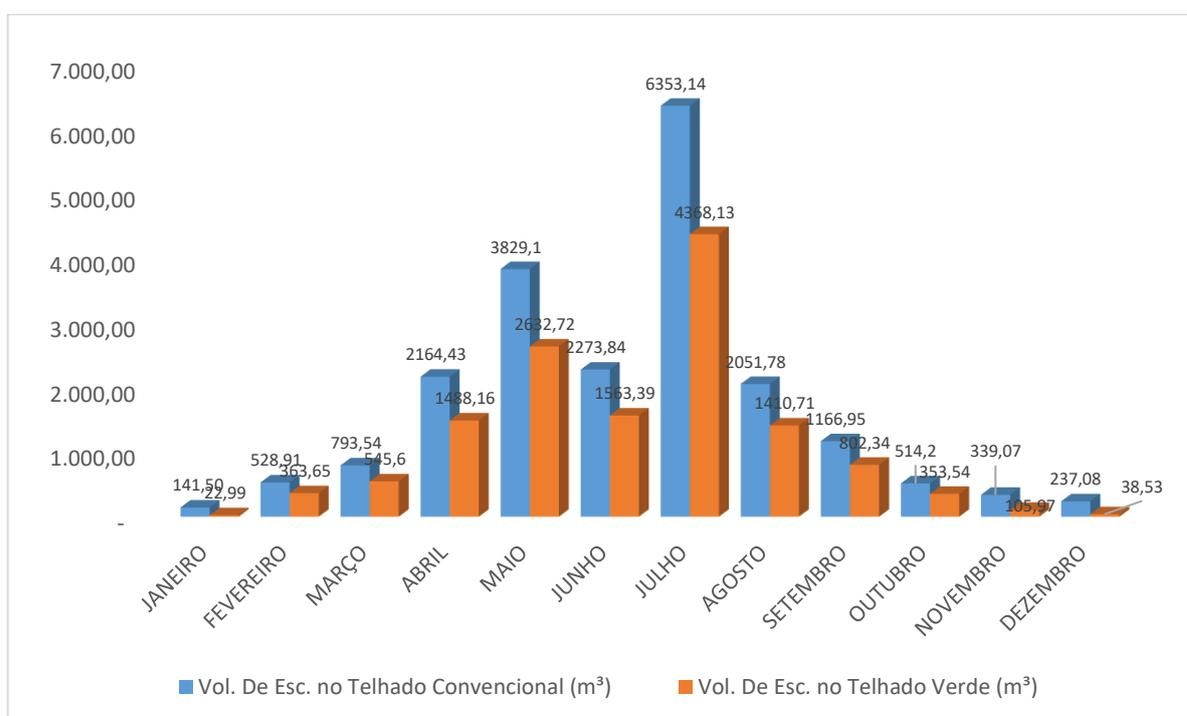
Tabela 4 – Volume de escoamento dos meses.

Meses	Escoamento	Área de cobertura (m ²)	Precipitação (mm)	Coefficiente	Volume (m ³)
Fevereiro	Telhado convencional	12.633,97	52,33	0,8	528,91
	Telhado verde	12.634,97	52,33	0,55	363,65
Março	Telhado convencional	12.635,97	78,5	0,8	793,54
	Telhado verde	12.636,97	78,5	0,55	545,60
Abril	Telhado convencional	12.637,97	214,08	0,8	2164,43
	Telhado verde	12.638,97	214,08	0,55	1488,16
Maio	Telhado convencional	12.639,97	378,67	0,8	3829,10
	Telhado verde	12.640,97	378,67	0,55	2632,72
Junho	Telhado convencional	12.641,97	224,83	0,8	2273,84
	Telhado verde	12.642,97	224,83	0,55	1563,39
Julho	Telhado convencional	12.643,97	628,08	0,8	6353,14
	Telhado verde	12.644,97	628,08	0,55	4368,13
Agosto	Telhado convencional	12.645,97	202,81	0,8	2051,78
	Telhado verde	12.646,97	202,81	0,55	1410,71
Setembro	Telhado convencional	12.647,97	115,33	0,8	1166,95
	Telhado verde	12.648,97	115,33	0,55	802,34
Outubro	Telhado convencional	12.649,97	50,81	0,8	514,20
	Telhado verde	12.650,97	50,81	0,55	353,54
Novembro	Telhado convencional	12.651,97	33,5	0,8	339,07
	Telhado verde	12.652,97	33,5	0,25	105,97
Dezembro	Telhado convencional	12.653,97	23,42	0,8	237,08
	Telhado verde	12.654,97	23,42	0,13	38,53

4.1.5 Comparação dos volumes escoados em telhado convencional e com telhado verde

Com base nos cálculos obtidos anteriormente, gerou-se o Gráfico 1. De acordo com o gráfico, em todos os meses o volume escoado em m³ do telhado convencional (no gráfico expresso em cor azul) é maior que o telhado verde (no gráfico expresso na cor laranja).

Gráfico 1 - Comparação entre os volumes de escoamento superficial com telhado convencional e com telhado verde.



De acordo com os resultados obtidos, é notório que o telhado verde proporciona uma maior retenção de águas pluviais, devido à vegetação presente na cobertura. Portanto, o volume de escoamento superficial que era alto com o telhado convencional foi reduzido com a presença do telhado verde, diminuindo assim os alagamentos.

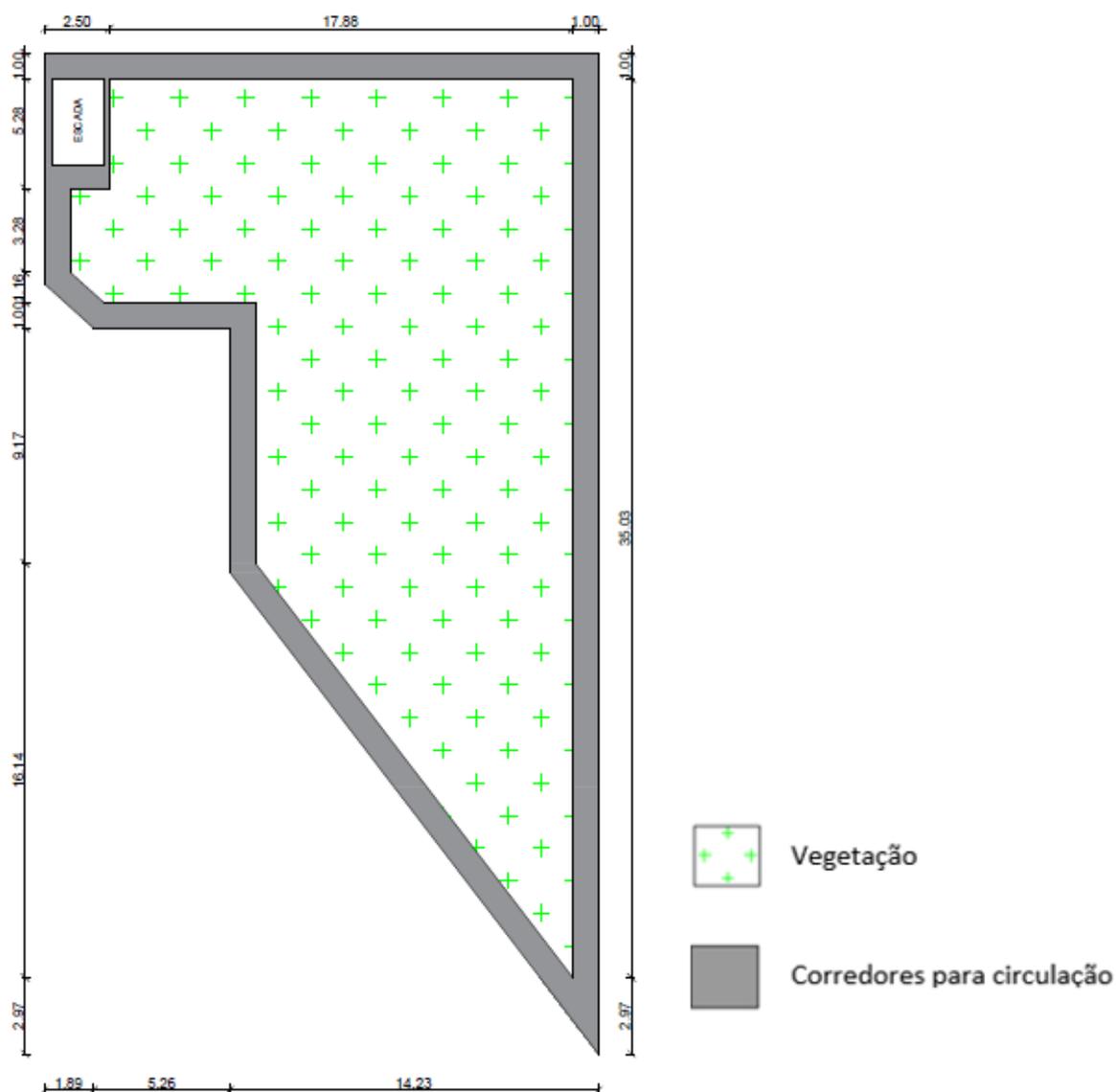
Diante disso, o telhado verde no restaurante e no mercado municipal auxiliaria na redução do escoamento superficial, ou seja, diminuiria as inundações presentes nestas áreas dos estabelecimentos.

4.2 Projeto do restaurante Popular Padre Pedro

Para o restaurante, foi planejado um telhado verde do tipo semi-intensivo, uma vez que, seria implementado uma horta para o cultivo de vegetais e de ervas para o estabelecimento. Além disso, os gastos com os alimentos diminuiriam, pois estaria produzindo no próprio local.

A Figura 35 ilustra o projeto que possui uma área verde para o cultivo e uma pequena área impermeabilizada para as pessoas circularem no ambiente, que seriam os corredores.

Figura 35 - Projeto para o restaurante feitos através do programa AutoCAD.

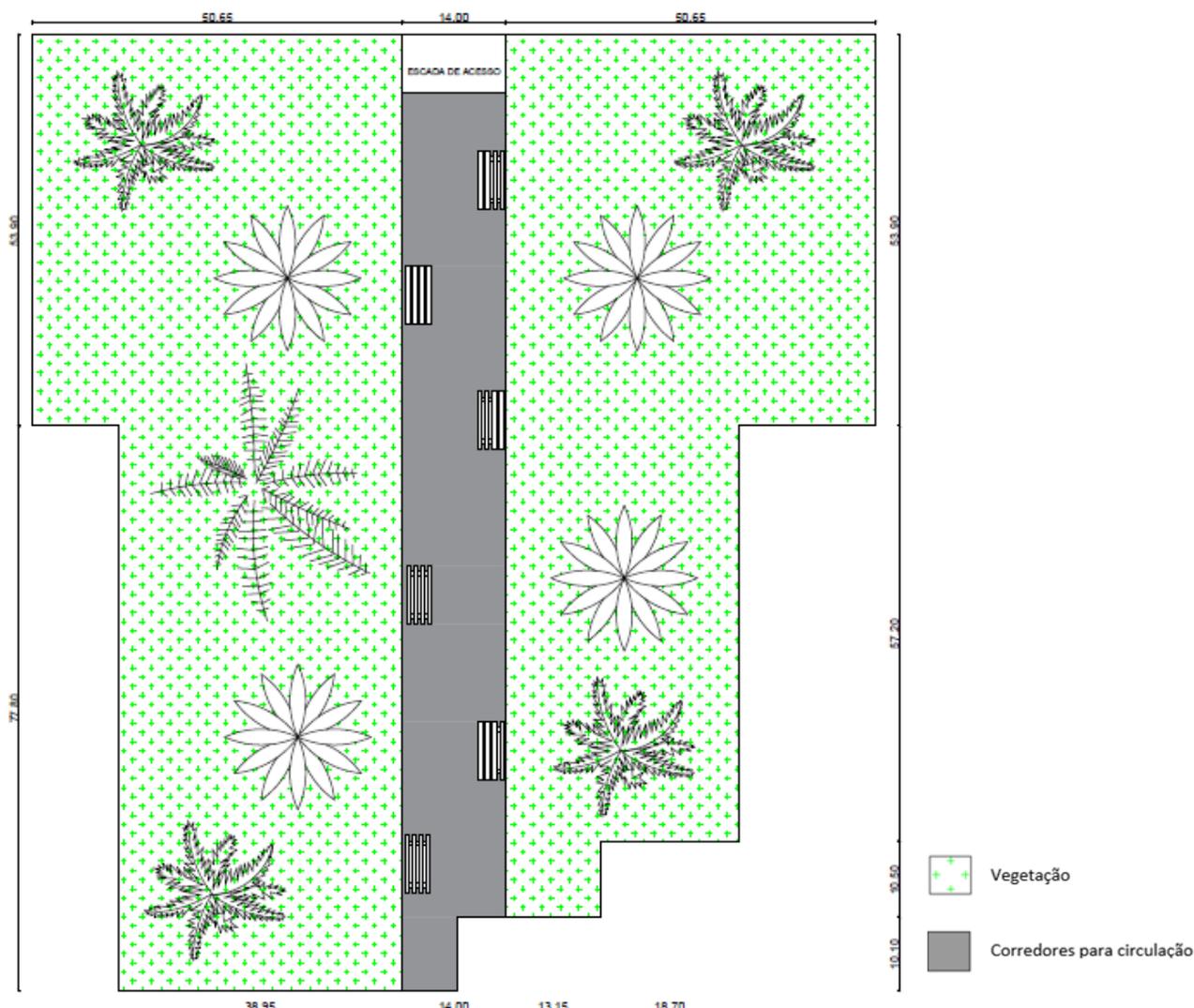


Os alimentos produzidos serão: salsinha, cebolinha, manjeriço, alface, couve, repolho, tomate cereja, cebola, beterraba, pimenta e rúcula. É importante ressaltar, que os alimentos citados acima estariam livres de agrotóxicos e proporcionariam uma melhor qualidade de vida. Logo, esse projeto social seria de suma importância para a cidade de Aracaju.

4.3 Projeto do Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco

O mercado é um dos pontos turísticos da cidade de Aracaju, achamos adequado a elaboração de um projeto de telhado verde do tipo intensivo para área de lazer, com a presença de árvores, grama e bancos para os turistas e para a população aracajuana. Vale salientar que, tem uma vista privilegiada do rio Sergipe, além da Ponte Construtor João Alves, que interliga as cidades de Aracaju e Barra dos Coqueiros. O telhado será composto por uma grande área verde para que as pessoas apreciem a natureza, além de proporcionar atividades como piquenique, como mostra a Figura 36.

Figura 36 - Projeto para o mercado municipal feito através do programa AutoCAD.



É importante observar que o objetivo deste trabalho é de diminuir o escoamento superficial da área, além disso, auxiliar na construção de novos ambientes de lazer para a população aracajuana e turistas.

4.4 ORÇAMENTOS

Com o auxílio do ORDE, foram calculados os custos para implementação dos projetos e, o que não foi encontrado no programa, foi feito pesquisas em lojas encontradas em Aracaju.

4.4.1 Restaurante Popular Padre Pedro

A planilha abaixo (Figura 37, também em anexo), apresenta informações sobre o orçamento feito para o Restaurante Popular Padre Pedro. Como o restaurante passará por uma reforma recentemente, foi contabilizado que a cobertura do estabelecimento fosse laje impermeabilizada ao invés do telhado convencional, pois atenderia melhor a ideia do sistema semi-intensivo.

Figura 37 - Planilha do orçamento do telhado verde para o restaurante.

Telhado Verde Restaurante Popular Padre Pedro							PLANILHA DE CUSTO DA OBRA	
Telhado Verde Restaurante Popular Padre Pedro							Cod. Empreendimento: 00001	
, Centro Aracaju-SE							Cod. Obra: 1	
							BDI: 23,54%	
							Ref : julho/2018-1 Moeda : R\$	
ITEM	SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	(%)	
01		Telhado Verde				60.214,33	100,00	
01.001		Impermeabilização				36.951,68	61,36	
01.001.001	10020 /ORSE	Impermeabilização c/ manta asfáltica 4mm, estruturada com não-tecido de poliéster, inclusive aplicação de 1 demão de primer, exceto proteção mecânica	m2	501,72	73,65	36.951,68	61,36	
01.002		Camada de drenagem				2.003,54	3,33	
01.002.001	9882 /ORSE	Aterro com argila para jardim (paisagismo)	m3	38,50	52,04	2.003,54	3,33	
01.003		Camada filtrante				3.709,95	6,16	
01.003.001	3083 /ORSE	Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotextil R T-10, resistencia a tração=10kN/m (antigo Bidim OP-20 ou similar) em colchões drenantes	m2	384,85	9,64	3.709,95	6,16	
01.004		Camada antirraiz				16.821,79	27,94	
01.004.001	740331 /SINAPI	Impermeabilização de superfície com geomembrana (manta termoplastica lisa) tipo pead, e=2mm.	m2	384,85	43,71	16.821,79	27,94	
01.005		Substrato				727,37	1,21	
01.005.001	98520 /SINAPI	Aplicação de adubo em solo. af_05/2018	m2	384,85	1,89	727,37	1,21	
Importa o presente orçamento em :						CUSTO TOTAL DO ORÇAMENTO =====>>	60.214,33	
(sessenta mil, duzentos e quatorze reais e trinta e três centavos)								

Fonte: ORSE, 2018.

No ORSE foi encontrado as estruturas que compõe o telhado verde, porém a vegetação, que será uma horta, não foi encontrada. Apesar disso, pesquisou-se na loja Agronel, localizada na avenida Chanceler Osvaldo Aranha, na cidade de Aracaju, o valor de algumas sementes para o cultivo. Segue abaixo a Tabela 5 com os valores dos pacotes com as sementes escolhidas.

Tabela 5 - Valores das sementes.

Sementes	Valor com unidades (R\$)
Salsinha	R\$ 1,00 com 200 unidades
Cebolinha	R\$ 1,00 com 110 unidades
Manjericão	R\$ 1,50 com 200 unidades
Alface	R\$ 1,00 com 300 unidades
Couve	R\$ 1,00 com 120 unidades
Repolho	R\$ 1,00 com 100 unidades
Tomate cereja	R\$ 1,00 com 120 unidades
Cenoura	R\$ 1,00 com 200 unidades
Beterraba	R\$ 1,00 com 70 unidades
Pimenta	R\$ 1,00 com 100 unidades
Rúcula	R\$ 1,00 com 240 unidades

Fonte: Agrovel, 2018.

O orçamento do projeto de implementação do telhado verde foi de R\$ 60.225,83. Apesar do valor, o telhado verde proporcionará várias vantagens, como já foi mencionando anteriormente. Logo, é um investimento muito viável e rentável, pois além da redução dos gastos com alimentos do restaurante, as inundações diminuirão na região, reduzindo os prejuízos da população e da prefeitura.

Os itens utilizados para a construção da cobertura verde foram: manta asfáltica de 4 mm para impermeabilização, uma camada de 10 cm de aterro com argila expandida para a camada de drenagem por ser poroso, manta geotêxtil para camada filtrante, impermeabilização com manta geomembrana para evitar que as raízes prejudiquem a estrutura do telhado, uma camada de 15 cm de adubo como substrato e sementes de verduras e legumes para a horta, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Composição do telhado verde para restaurante.

 <p>Manta asfáltica para impermeabilização Fonte: Leroy Merlin, 2018</p>	 <p>Argila expandida Fonte: Blog AEC, 2018</p>
 <p>Manta geotêxtil Fonte: Casairriga, 2018</p>	 <p>Manta geomembrana Fonte: Inovageo, 2014</p>
 <p>Adubo orgânico Fonte: Visafertil, 2018</p>	 <p>Semente de tomate Fonte: Dicas naturais, 2015</p>

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.4.2 Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco

O orçamento também foi feito com o auxílio do programa ORSE e, para a construção da planilha, tudo foi encontrado no próprio programa. Como o objetivo é um lugar de lazer e tranquilidade, já que a área de cobertura é muito grande, optou-

se por laje impermeabilizada. Esse tipo de laje não foi contabilizado no orçamento, pois foi somente feito os custos da estrutura do telhado verde, como mostra a Figura 38, também em anexo.

Figura 38 - Planilha do orçamento para o telhado verde do mercado municipal.

Lima Empreendimento		Telhado Verde Mercado Municipal Maria Virginia Leite Franco				PLANILHA DE CUSTO DA OBRA	
Rua Antônio Ribeiro Centro Aracaju- CNPJ : 12.345.678/9000-00		Telhado Verde Av. Ivo do Prado, Industrial Aracaju-SE				Cod. Empreendimento: 00002 Cod. Obra: 1 BDI: 23,54%	
						Ref : julho/2018-1 Moeda : R\$	
ITEM	SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	(%)
01		Telhado Verde				1.706.818,02	100,00
01.001		Impermeabilização				868.790,42	50,90
01.001.001	10029 /ORSE	Impermeabilização c/ manta asfáltica aluminizada 3mm, estruturada com não-tecido de poliéster, inclusive aplicação de 1 demão de primer	m2	12.132,25	71,61	868.790,42	50,90
01.002		Camada de drenagem				108.766,72	6,37
01.002.001	9882 /ORSE	Aterro com argila para jardim (paisagismo)	m3	2.090,06	52,04	108.766,72	6,37
01.003		Camada filtrante				100.740,70	5,90
01.003.001	3083 /ORSE	Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotextil R T-10, resistencia a tração=10kN/m (antigo Bidim OF-20 ou similar) em colchões drenantes	m2	10.450,28	9,64	100.740,70	5,90
01.004		Camada antirraiz				456.781,74	26,76
01.004.001	740331 /SINAPI	Impermeabilização de superfície com geomembrana (manta termoplastica lisa) tipo pead, e=2mm.	m2	10.450,28	43,71	456.781,74	26,76
01.005		Substrato				19.751,03	1,16
01.005.001	98520 /SINAPI	Aplicação de adubo em solo. af_05/2018	m2	10.450,28	1,89	19.751,03	1,16
01.006		Bancos				4.608,00	0,27
01.006.001	2412 /ORSE	Banco de madeira de lei sem encosto, tipo sueco, medindo 45x45x30 0cm	un	6,00	768,00	4.608,00	0,27
01.007		Grama				146.930,94	8,61
01.007.001	2395 /ORSE	Grama esmeralda em mudas, fornecimento e plantio	m2	10.450,28	14,06	146.930,94	8,61
01.008		Árvore				448,47	0,03
01.008.001	98510 /SINAPI	Plantio de árvore ornamental com altura de muda menor ou igual a 2,00 m. af_05/2018	un	9,00	49,83	448,47	0,03
Importa o presente orçamento em : (um milhão, setecentos e seis mil, oitocentos e dezoito reais e dois centavos)					CUSTO TOTAL DO ORÇAMENTO =====>>		1.706.818,02

Fonte: ORSE, 2018.

O custo total do investimento foi de R\$ 1.706.818,02. Apesar do valor ser elevado, devido à área de cobertura ser muito grande, a proposta ainda assim se torna viável, pois as vantagens para população são muito grandes.

Os itens utilizados para a construção da cobertura verde foram: manta asfáltica de 4 mm para impermeabilização, uma camada de 20 cm de aterro com argila expandida para a camada de drenagem por ser poroso, manta geotêxtil para camada filtrante, impermeabilização com manta geomembrana para evitar que as raízes prejudiquem a estrutura do telhado, uma camada de 30 cm de adubo como substrato, grama, árvores típicas da Mata Atlântica com altura de, no máximo, 2 m para diminuir o custo do empreendimento e, por fim, contabilizou-se alguns bancos de madeira, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Composição do telhado verde para o mercado municipal.

 <p>Manta asfáltica para impermeabilização Fonte: Leroy Merlim, 2018</p>	 <p>Argila expandida Fonte: Blog AEC, 2018</p>
 <p>Manta geotêxtil Fonte: Casairriga, 2018</p>	 <p>Manta geomembrana Fonte: Inovageo, 2014</p>
 <p>Adubo orgânico Fonte: Visafertil, 2018</p>	 <p>Grama esmeralda Fonte: Minas Gramado, 2018</p>
 <p>Árvore típica da Mata Atlântica Fonte: SSA Mata Atlântica, 2018</p>	 <p>Banco de madeira sem encosto Fonte: Terra Asia, 2018</p>

Fonte: Autoria própria, 2018.

5 CONCLUSÃO

Diante de estudos e projetos para tentar resolver problemas que a urbanização acelerada, como por exemplo: a falta de áreas verdes e um mal planejamento do sistema de drenagem, optou-se para o uso de técnicas compensatórias. Além de proporcionarem a redução do escoamento superficial, auxiliam na organização do ciclo hidrológico de cada bacia, tornam o ambiente mais agradável, melhorando a qualidade de vida da população.

Como foi comprovado anteriormente, a capital sergipana, Aracaju, sofre com enchentes em épocas de chuva. Apesar de ter sido uma cidade planejada, há muitos pontos de alagamento que devem ser sanados, uma vez que prejudicam toda a população que reside nessas áreas. A substituição do telhado convencional pelo telhado verde em apenas dois estabelecimentos onde os alagamentos são recorrentes, foi justamente observar que essa medida compensatória é viável para reduzir o escoamento superficial na área. Analisando o mês mais chuvoso de Aracaju, através dos cálculos e resultados encontrados, mostram uma redução de 68,75% do volume escoado.

O telhado verde é visto como uma solução parcial para vários problemas ambientais comuns nas grandes cidades como por exemplo: reduz os efeitos das ilhas de calor, melhora o isolamento acústico e térmico das edificações, retém as águas pluviais, diminui a possibilidade de enchentes, reduz o consumo de energia, aumenta a biodiversidade e embelezamento das edificações. Apesar do investimento ser alto, há várias vantagens que diminuem a problematização das cidades, logo seu custo-benefício é viável.

Em suma, seria necessário que houvesse muitos locais com a cobertura verde, principalmente nos principais pontos de alagamento em Aracaju, como nos bairros Centro e Industrial, para que o resultado fosse ainda mais expressivo. Logo, essa medida compensatória simples traz vantagens e auxilia, diretamente, na redução do volume escoado nas ruas e avenidas aracajuanas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Samuel Pablo Costa de; BRITO, Gabriela Pedroza de; SANTOS, Sylvana Melo. Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais. **Revista Brasileira do Meio Ambiente**, Pernambuco, v.1, n.2, p. 42-51, 2018.
- ANDRADE, Adilson. **Verticalização e outros fatores geram diferente “microclimas” em Aracaju**. 2017. Disponível em: < <http://ciencia.ufs.br/conteudo/56359-verticalizacao-e-outros-fatores-geram-diferentes-microclimas-em-aracaju>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.
- ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. **Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água**. 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Porto Seguro, abr. p.185-195, 2000.
- ARAGÃO, Aline. **Chuva forte causa alagamento em vários pontos de Aracaju**. 2017. Disponível em: < <https://a8se.com/sergipe/noticia/2017/02/112530-chuva-forte-causa-alagamento-em-varios-pontos-de-aracaju.html>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.
- ARAÚJO, H.M; SOUZA, A.C; COSTA, J.J; SANTOS, G.J. **O Clima de Aracaju na Interface com a Geomorfologia de Encostas**. SCIENTIA PLENA, VOL. 6, NUM. 8, 2010.
- ARAÚJO, S. R. de. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ago. 2007.
- ARQUITETURA SUSTENTÁVEL RESIDENCIAL. **Telhado verde e aproveitamento da água da chuva**. 2013. Disponível em: <<http://arquiteturasustresidencial.blogspot.com/2013/06/telhado-verde-e-aproveitamento-da-agua.html>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.
- ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE. **Telhado Verde – Tipos e implementação**. 2012. Disponível em: <<https://arquiteturaesustentabilidade.wordpress.com/2012/10/01/telhado-verde-tipos-e-implementacao/>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15527 – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.
- BALDESSAR, S. M. N. **Telhado Verde e Sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada**. Curitiba, 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2011. v. 1. 318p.
- BEATRICE, Caio Cury. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

BLOG AEC. **Argila expandida: para que serve e como usar**. 2018. Disponível em: <<http://blogaecweb.com.br/blog/argila-expandida-para-que-serve-e-como-usar/>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

CANTOR, Steven L. **Green Roofs in Sustainable Landscape Design**. W.W. Norton & Company, New York – London, 2008.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Capítulo 7: Escoamento Superficial. Agosto/2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

CARVALHO, G. M. **Proposta Técnica e Econômica da Implantação de um Sistema de Telhado Verde**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

CASAIRRIGA. Manta Geotêxtil 2,5 x 10,00 metros. 2018. Disponível em: <<http://www.casairriga.com.br/inicio/356-manta-geotextil-manta-bidim-bh-2-15-x-10-metros.html>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

COELHO, Glauci. **História e teoria da Arquitetura**. 2010. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/GlauciCoelho/aula-7-arte-e-arquitetura-mesopotmia-revisado-em-121013>>. Acesso em 16 de agosto de 2018

COOK, Diane; JENSHEL, Len. SustenArqui. 2015. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/urbanismo-paisagismo/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>>. Acesso em 22 de agosto de 2018.

CORRENT, L; LEHMANN, P; **Telhado verde: da Babilônia aos dias atuais**. Faculdade Guarapuava. Paraná, out. 2016.

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C.; **Telhado Verde: Redução e retardo do escoamento superficial**. Revistas de estudos ambientais. v.14, n.2, edição especial, 2012, p.50-56

COTIDIANO. Mais uma vez chuva deixa ruas alagadas em Aracaju. 2017. Disponível em: <https://www.f5news.com.br/cotidiano/mais-uma-vez-chuva-deixa-ruas-alagadas-em-aracaju_38518/>. Acesso em 02 de outubro de 2018.

COTIDIANO. Mais uma vez chuva deixa ruas alagadas em Aracaju. 2017. Disponível em: <https://www.f5news.com.br/cotidiano/mais-uma-vez-chuva-deixa-ruas-alagadas-em-aracaju_38518/>. Acesso em 02 de outubro de 2018.

DECRETO nº.212/2007. **Prefeitura Municipal de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-smu-smu-secretaria-municipal-dourbanismo/211>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

DICASNATURAIS. Sementes de tomate. 2015. Disponível em: <<https://dicasnaturais.com/acabe-com-caspa-naturalmente/sementes-de-tomate/>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

ECOEICIENTES. Veja como funciona essa horta urbana no coração de São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/horta-urbana-sao-paulo/>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

EMSURB. **Prefeitura atua para evitar novos problemas em casos de chuva.** Disponível em: < <https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/70865>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

FERRAZ, I. L.; LEITE, B. C. C. **Amendoim no telhado: O comportamento da grama-amendoim (*Arachis repens*) na cobertura verde extensiva.** VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - Vitória – ES, 2011.

FERREIRA, C.A; MORUZZI, R.B. **Considerações sobre a aplicação para a captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis,** 2007.

FOTOJORNALISMOUFS. **Manguezal bairro 13 de Julho “Degradação a olho nu”.** 2013. Disponível em:< <https://fotografiaufs.wordpress.com/2013/02/04/manguezal-bairro13-de-julho-degradacao-a-olho-nu/>>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

FREITAS, V. M.; UEDA, G. **Projeto e construção de protótipo de telhado verde de baixo custo.** VI Semana da Ciência e Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento de Guarulhos. Curso de Engenharia Civil do IFSP, Guarulhos - São Paulo, 2017.

GARDENS. Namba, Park Osaka. 2014. Disponível em:<<https://offsomedesign.com/namba-park-osaka/>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

GONÇALVES, Alberto. **Telhado verde: um diferencial que vale a pena.** 2015. Disponível em: <<http://www.homedecore.com.br/telhado-verde-um-diferencial-que-vale-a-pena/>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

GONÇALVES, Felipe Timmerman; NUCCI, João Carlos. **Sistemas de Drenagem Sustentável (SUDS): Propostas para a bacia do rio Juvevê.** Revista RA’EGA. v. 42, p. 192-209. Curitiba, Paraná, 2017.

GIMENES, J. **Captação e aproveitamento da água da chuva: Estudo experimental da qualidade da água de um telhado verde e de um telhado convencional,** fev. 2017.

GOES, J. H. D. A. de; JESUS, J. B. de; CARDOSO JUNIOR, J. C. A. **Mapeamento dos pontos de alagamento da cidade de Aracaju - SE.** In: VII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, Anais do ENRHSE 2014. Aracaju: Embrapa, 2014.

GREEN ROOF TECHNOLOGY. **Green Roof Types.** 2016. Disponível em: <<http://www.greenrooftechnology.com/green-roof-types>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

HESPANHOL, Ivanildo. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos.** *Estud. av.* [online]. 2008, vol.22, n.63, pp.131-158.

INOVAGEO. Geomenbrana. 2014. Disponível em: <<http://inovageo.eng.br/produtos/geomembrana/>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estações automáticas – Gráficos de Aracaju.** Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

JOBIM, A. L. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial.** Universidade Federal de Santa Maria. Dissertação de Mestrado. Rio Grande do Sul, 2013.

JONAL FOLHA ONLINE. Revista eletrônica. Disponível em <<https://www1.folha.uol.com.br/folha/dimenstein/TelhadoVerde3.jpg>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

LEITE, Pedro. Minuto Sergipe. 2015. Disponível em: <<http://minutosergipe.com.br/?p=2089>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

LEROY MERLIN. Manta asfáltica poliéster 4 mm rolo de 10 m² Viapol. 2018. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/manta-asfaltica-poliester-4mm-rolo-de-10m2-viapol_86388680>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

MARQUES, Danthi. Vikings. 2012. Disponível em: <http://tudosobreosvikings.blogspot.com/2012/11/algumas-imagens-de-casas-vikings_3.html>. Acesso em 19 de agosto de 2018.

MEDIONDO, E. M. **Experimento hidrológico para aproveitamento de águas de chuva usando coberturas verdes leves (CVL)** – São Carlos: UFSCar, 2004.

MENGUE, V.; GUERRA, R.; MONTEIRO, D.; MORAES, M.; VOGT, H.; **Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2017.

MINASGRAMADO. Grama esmeralda. 2018. Disponível em: <<http://gramados.net/Loja/produto/grama-esmeralda-carga-700m%C2%B2/>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

MINKS, V. **A rede de design verde urbano - Uma alternativa sustentável para megacidades?** RevistaLabverde n.7, 2013, p. 121-141.

NASCIMENTO, W. C. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba – Barreiras e Potencialidades**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

NAVILLE, Natt. Salvador tem o primeiro ponto de ônibus verde na cidade. 2016. Disponível em: <<http://misturaurbana.com/2016/01/salvador-tem-o-primeiro-ponto-de-onibus-verde-na-cidade/>>. Acesso em 22 de agosto de 2018.

PINTO, F. W. C. **Os impactos decorrentes do processo de urbanização e industrialização: O caso do Rio Pajeú – Serra Talhada – PE**. Recife, 2009.

POR UM MUNDO MAIS VERDE. Telhado Verde: dúvidas e benefícios. 2015. Disponível em: <<http://mundo-mais-verde.wixsite.com/mundo-mais-verde/single-post/2015/12/08/Telhado-Verde-D%C3%BAvidas-e-Benef%C3%ADcios>>. Acesso em 04 de setembro de 2018.

RANGEL, A. C. L. C.; ARANHA, K. C.; SILVA, M. C. B. C. **Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para sustentabilidade**. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, v.35, p.397-409, dez.2015.

RECESA. **Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento** : nível 2 e 3 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Belo Horizonte, 2007. 52 p.

RECIFE (cidade). **Lei n. 18.112, de 13 de janeiro de 2015**. Dispões sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado

verde”, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. **Recife**, jan. 2015.

REIS, F. M. P.; COSTA, T. V. B.; ALVES, F. Reuso de águas cinzas em habitações populares no Estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista Petra* n. 1, p. 1-22, 2018.

RIGG, Sean. Organic Roofs. 2016. Disponível em: <<https://rubberroofsuk.uk/750/organic-roofs>>. Acesso em 22 de agosto de 2018.

Robertson, W.D., Cherry, J.A., Sudicky, E.A., 2005. Ground-water contamination from two small septic systems on sand aquifers. *Ground Water* 29, 82–92

SAVI, A. C. **Telhados verdes: Análise comparativa de custos com sistemas tradicionais de cobertura**. 2012. 128 f. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS (SEMARH). **Estratégias para gestão integrada de águas urbanas, Aracaju**. INTEGRATED URBAN WATER MANAGEMENT PROJECT. versão consolidada 1.0. 2011.

SETTA, B. **Telhados verdes como políticas públicas ambientais para o município de Volta Redonda** – RJ. *RevistaLabverde* n. 1, 2017, p. 13-35.

SIMONELI, G. **Estudo da viabilidade da instalação de um telhado verde acoplado à um sistema de captação de águas pluviais no bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão**, jun.2015.

SSA Mata Atlântica. **Manual de arborização urbana de Salvador com espécies nativas da Mata Atlântica**. 2018. Disponível em: <<http://ssamataatlantica.com/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-Arboriza%C3%A7%C3%A3o-web.pdf>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

SUSTENTARQUI, Redação. **Telhados verdes em Recife serão obrigatórios nos novos edifícios**. 2015. Disponível em: <<http://auepaisagismo.com/?id=telhados-verdes-em-recife-serao-obrigatorios-nos-novos-edificios&in=1501> >. Acesso em 22 de agosto de 2018.

TERRAASIA. Banco mestra em madeira sem encosto 1,20mts. 2018. Disponível em: <<http://www.terraasia.com.br/produto/banco-mestra-butzke-sem-encosto/4598>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

THOMAZELLI, L. M. **Telhado Verde, o telhado ecológico: um modelo prático, sustentável e de baixo custo**. Artigo Acadêmico. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, 2013.

VERISSIMO, M. E. Z.; MENDONÇA, F. A. Z. **Algumas considerações sobre o clima urbano de Curitiba e suas repercussões na saúde da população**. Artigo do Depto de Geografia UFPR, 2004.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre:EDIPUCRS, 2007.

VIEIRA, Z. C.; JUNIOR, C. G. S.; RIBEIRO, S. N. **Uso dos telhados verdes em edificações em Aracaju para a redução do escoamento superficial**. 2º RESAG – Gestão de Água e Monitoramento Ambiental. Aracaju, 2015.

VISAFERTIL. Substrato orgânico. 2018. Disponível em: <<http://visafertil.com.br/>>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

WILLES, J. A. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

ANEXOS

ANEXO A – Planilha de orçamento do Restaurante Popular Padre Pedro.

ITEM	SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL (%)
01		Telhado Verde				60.214,33	100,00
01.001		Impermeabilização				36.951,68	61,36
01.001.001	10020/ORSE	Impermeabilização c/ mania asfáltica 4mm, estruturada com não-tecido de poliéster, inclusive aplicação de 1 demão de primer, exceto o proteção mecânica	m2	501,72	73,65	36.951,68	61,36
01.002		Camada de drenagem				2.003,54	3,33
01.002.001	9882/ORSE	Aterro com argila para jardim (paisagismo)	m3	38,50	52,04	2.003,54	3,33
01.003		Camada filtrante				3.709,95	6,16
01.003.001	3083/ORSE	Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de mania geotêxtil R T-10, resistência a tração=10KN/m (antigo Bidim OP-20 ou similar) em colchões drenantes	m2	384,85	9,64	3.709,95	6,16
01.004		Camada antirraiz				16.821,79	27,94
01.004.001	740331/SINAPI	Impermeabilização de superfície com geomembrana (mania termoplaest lisa lisa) tipo psad, e=2mm.	m2	384,85	43,71	16.821,79	27,94
01.005		Substrato				727,37	1,21
01.005.001	98520/SINAPI	Aplicação de adubo em solo. af_05/2018	m2	384,85	1,89	727,37	1,21
Importa o presente orçamento em : (sessenta mil, duzentos e quatorze reais e trinta e três centavos)						CUSTO TOTAL DO ORÇAMENTO =====>>	60.214,33

Telhado Verde Restaurante Popular Padre Pedro
Telhado Verde Restaurante Popular Padre Pedro
, Centro Aracaju-SE

PLANILHA DE CUSTO DA OBRA
Cod. Empreendimento: 00001
Cod. Obra: 1

Ref: julho/2018-1
BDI: 23,54%
Moeda: R\$

ANEXO B – Planilha de orçamento do Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco.

Luna Empreendimento		Telhado Verde Mercado Municipal Maria Virgínia Leite Franco		PLANTILHA DE CUSTO DA OBRA				
Rua Antonio Ribeiro Centro Aracaju- CNPJ :		Telhado Verde		Cod. Empreendimento: 00002				
12.345.678/9000-00		Av. Ivo do Prado, Industrial Aracaju-SE		Cod. Obra: 1				
				BDI: 23,54%				
				Moeda: R\$				
				Ref: Julho/2018-1				
ITEM	SERVICO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	CUSTO TOTAL	(%)
01		Telhado Verde				1.706.818,02	100,00	
01.001	10029 /ORSE	Impermeabilização	m2	12.132,25	71,61	868.790,42	50,90	
01.001.001		Impermeabilização c/ manta asfáltica aluminiada 3mm, estruturada com não-tecido de poliéster, inclusive aplicação de 1 demão de primer						
01.002	9892 /ORSE	Camada de drenagem	m3	2.090,06	52,04	108.766,72	6,37	
01.002.001		Aterro com argila para jardim (paisagismo)						
01.003	3083 /ORSE	Camada filtrante	m2	10.450,28	9,64	100.740,70	5,90	
01.003.001		Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotextil R T-10, resistência a tração=10kN/m (antigo Bidim OP-20 ou similar) em colchões drenantes						
01.004		Camada antirraiz				456.781,74	26,76	
01.004.001	740331 /SINAPI	Impermeabilização de superfície com geomembrana (manta termoplastica Lisa) tipo pad, e=2mm.	m2	10.450,28	43,71	456.781,74	26,76	
01.005		Substrato				19.751,03	1,16	
01.005.001	98520 /SINAPI	Aplicação de adubo em solo. af_05/2018	m2	10.450,28	1,89	19.751,03	1,16	
01.006		Bancos				4.608,00	0,27	
01.006.001	2412 /ORSE	Banco de madeira de lei sem encaixo, tipo suco, medindo 45x45x30 0cm	un	6,00	768,00	4.608,00	0,27	
01.007		Grama				146.930,94	8,61	
01.007.001	2395 /ORSE	Grama esmeralda em mudas, fornecimento e plantio	m2	10.450,28	14,06	146.930,94	8,61	
01.008		Árvore				448,47	0,03	
01.008.001	98510 /SINAPI	Plantio de árvore ornamental com altura de muda menor ou igual a 2,00 m. af_05/2018	un	9,00	49,83	448,47	0,03	
Importa o presente orçamento em : (um milhão, setecentos e seis mil, oitocentos e dezoto reais e dois centavos)						CUSTO TOTAL DO ORÇAMENTO =	1.706.818,02	

Fonte: ORSE.