



EMERSON SANTOS GASPARINI  
LUCAS BITTE DOS SANTOS  
MATEUS NOSSA LECCHI  
THALLES SOEIRO DE SOUZA

**PROPOSTA DE ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE  
IMPLANTAÇÃO DE TELHADO VERDE**

ARACRUZ

2019

EMERSON SANTOS GASPARINI  
LUCAS BITTE DOS SANTOS  
MATEUS NOSSA LECCHI  
THALLES SOEIRO DE SOUZA

**PROPOSTA DE ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE  
IMPLANTAÇÃO DE TELHADO VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Integrada de Aracruz - FAACZ, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Evandro José Pinto de Abreu

ARACRUZ

2019

EMERSON SANTOS GASPARINI  
LUCAS BITTE DOS SANTOS  
MATEUS NOSSA LECCHI  
THALLES SOEIRO DE SOUZA

PROPOSTA DE ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE  
IMPLANTAÇÃO DE TELHADO VERDE

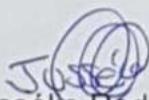
Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
coordenadoria do curso de Engenharia civil das  
Faculdades Integradas de Aracruz, como requi-  
sito parcial para a obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia civil.

Aprovado em 12 de dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Esp. Evandro José Pinto de Abreu  
Faculdades Integradas de Aracruz  
Orientador



Prof. Me. Jussélio Rodrigues Ribeiro  
Faculdades Integradas de Aracruz  
Examinador interno

Prof.  
Examinador

Dedico exclusivamente a Deus, que nos criou capaz de concluir este trabalho com êxito.

## **AGRADECIMENTOS**

Nessa etapa da elaboração do trabalho de conclusão de curso, nós do grupo gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus por ter nós concedido saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram essa realidade do nosso ensino superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao nosso orientador EVANDRO JOSÉ PINTO DE ABREU, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções, pelas suas cobranças e pelo seu incentivo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

## RESUMO

Busca-se por meio deste tratar estratégias dentro do campo da construção civil que vise relacionar alternativas de construção limpa e tecnologias que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente. É certo afirmar que crescimento populacional foi o grande propulsor para o aumento acelerado na indústria da construção civil ao longo do tempo, tornando-se necessário buscar métodos que impactem minimamente o meio ambiente, assim como tecnologias associadas. Sob esta perspectiva, aborda-se neste projeto de pesquisa o assunto relacionado a telhado verde, as vantagens desvantagens, os tipos e a metodologia de construção, com a finalidade de demonstrar a viabilidade de aplicação deste recurso tão relevante, tal como o custo aplicado. Por meio de pesquisas bibliográficas será tratado os conceitos da sustentabilidade na construção civil, comparar os aspectos de conformidade do telhado verde com os telhados cerâmicos tipo capa e canal e apresentar estudos de caso, de maneira a demonstrar os benefícios ambientais e econômicos obtidos com o telhado na prática. Obtendo resultados promissores após análise de custo x benefícios sendo uma opção viável a longo prazo para uma construção sustentável.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Telhado Verde; Construção Civil.

## **ABSTRACT**

It seeks to address strategies within the field of construction that aim to relate clean construction alternatives and technologies that are less harmful to the environment. Admittedly, population growth has been the major driver for the rapid increase in the construction industry over time, making it necessary to seek methods that minimally impact the environment as well as associated technologies. From this perspective, this research project addresses the subject related to green roof, the disadvantages, the types and the construction methodology, in order to demonstrate the feasibility of applying this relevant feature, such as the cost applied. Through bibliographic research will be treated the concepts of sustainability in construction, compare the aspects of compliance of the green roof with the ceramic roof and channel type roofs and present case studies in order to demonstrate the environmental and economic benefits obtained with the roof. in practice. Achieving promising results after cost-benefit analysis being a viable long-term option for sustainable construction.

**Keywords:** Sustainability. Civil Engineering. Green roof

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jardins Suspensos Da Babilônia.....	15
Figura 2 - Terraço Jardim Da Villa Savoye - Poissy (Paris) .....	16
Figura 3 - Telhado Verde Em Uma Inclinação De 45º - (Alemanha) .....	18
Figura 4 - Telhado Plano - (Alemanha) .....	18
Figura 5 - Telhado Verde Intensivo .....	20
Figura 6 - Telhado Verde Intensivo Chicago (Eua) .....	21
Figura 7 - Telhado Verde Extensivo .....	22
Figura 8 - Telhado Verde Extensivo - Sesc Jundiaí .....	22
Figura 9 - Telhado Verde Semi-Intensivo .....	23
Figura 10 - Interação Do Homem Com O Telhado Verde .....	29
Figura 11 - Borboletas E Pássaros Se Beneficiando Do Telhado Verde.....	30
Figura 12 - Representação Corte Do Telhado Verde .....	32
Figura 13 - Mm House / Studio Mk27 – Vista Lateral.....	41
Figura 14 - Mm House / Studio Mk27 – Vista Frontal.....	41
Figura 15 - Telhado Verde Da Escola Tia Percília .....	42
Figura 16 - Participação Popular Na Implantação Do Telhado Verde.....	43
Figura 17 - Cobertura Verde Da Escola Tia Percília .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peculiaridades Que Caracterizam Cada Tipo De Telhado Verde .....	19
Tabela 2 - Altura Do Solo De Acordo Com A Vegetação .....	35
Tabela 3 - Resultados Para O Custo Do Telhado Cerâmico Tipo Capa E Canal.....	45
Tabela 4 - Resultados Calculados Para O Custo Do Telhado Verde .....	46
Tabela 5 - Comparação De Custo De Cada Telhado .....	46

## LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - escoamento Superficial Telhado Verde.....	24
Gráfico 2 - Comparações De Temperaturas .....	26
Gráfico 3 - Comparação De Temperatura Interna De Cinco Coberturas Diferentes .	27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
1.2 METODOLOGIA.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	17
2.1 .....	17
2.2 TELHADO VERDE .....	17
2.3 TIPOS DE TELHADO VERDE .....	19
2.3.1 Sistema Intensivo .....	19
2.3.2 Sistema Extensivo .....	21
2.3.3 Semi-intensivo .....	22
2.4 BENEFÍCIOS PROPORCIONADOS PELOS TELHADOS VERDES .....	23
2.4.1 Drenagem de águas pluviais .....	23
2.4.2 Redução das Ilhas de Calor .....	25
2.4.3 Isolamento térmico e conservação de energia .....	25
2.4.4 Produção de Oxigênio, Absorção de CO2 e filtragem do ar .....	27
2.4.5 Maximizam a qualidade de vida e na saúde humana.....	28
2.4.6 Proporcionam novos ecossistemas .....	29
<b>3 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DO TELHADO VERDE</b> .....	<b>31</b>
3.1 ESTRUTURA DE COMPOSIÇÃO DO TELHADO.....	32
3.1.1 Camada Impermeabilizante.....	32
3.1.2 Camada de drenagem.....	33
3.1.3 Camada filtrante .....	33
3.1.4 Membrana de proteção contra raízes.....	33
3.1.5 Solo e Substrato.....	34
3.1.6 Vegetação .....	35

3.2 ANÁLISE COMPARATIVA DE VANTAGENS E DESVANTAGENS ENTRE TELHADO VERDE E TELHADOS CERÂMICOS TIPO CAPA E CANAL .....	36
3.2.1 Telhado Verde .....	36
3.2.1.1 Vantagens .....	36
3.2.1.2 Desvantagens .....	36
3.2.2 Telhado cerâmico tipo capa e canal .....	37
3.2.2.1 Vantagens .....	37
3.2.2.2 Desvantagens .....	37
3.3 MANUTENÇÃO E CUIDADOS COM TELHADO VERDE E CERÂMICO TIPO CAPA E CANAL .....	38
3.3.1 Telhado verde .....	38
3.3.2 Telhado cerâmico tipo capa e canal .....	38
<b>4 ANÁLISE ESTUDOS DE CASOS.....</b>	<b>40</b>
4.1 MM House / Studio MK27.....	40
4.2 MORRO DA BABILONIA, ZONA SUL, RJ.....	41
4.3 INCENTIVOS GOVERNAMENTAIS.....	44
<b>5 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS .....</b>	<b>45</b>
5.1 TELHADO DE TELHA CERÂMICA TIPO CAPA E CANAL.....	45
5.2 TELHADO VERDE .....	45
5.3 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	46
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A – Tabela De Custo Telhado Cerâmico Tipo Capa E Canal .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE B – Tabela De Custo Telhado Verde Extensivo .....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos últimos anos é possível verificar o amplo crescimento populacional urbano, grande causador de maior desigualdade social e sobretudo problemas ambientais, tais como: redução da área permeável da cidade, crises habitacionais, menor qualidade de vida e maiores riscos à saúde, conforme afirma Rodolfo Paulo (2010).

De acordo com Rodolfo Paulo (2010), pode-se afirmar que o processo de urbanização, aliado à falta de planejamento, proporcionou à cidade menores porções de áreas verdes. Segundo Brandmiller (2017), é possível identificar um cenário de ocupação incontrolável de terras, tornando-as de grande valia, fomentando o mercado imobiliário. Conclui-se que os fatores supracitados acarretam num aumento do consumo dos recursos naturais, propulsionando diversas consequências, como o aumento da temperatura. Além disso, Venâncio (2011) afirma que houve uma grande perda da relação da população com a terra e a natureza.

O custo dessa falta de planejamento, além do aumento significativo da população por metro quadrado de solo, foi a perda da relação com a terra e com a natureza. À medida que foi subindo os andares e se “empilhando” uns sobre os outros em prédios, o ser humano se desligou quase que totalmente do contato com o solo, com o entorno e com o meio ambiente. (VENÂNCIO, 2011)

Este projeto de pesquisa tem como foco principal um estudo de aplicação de construção alternativa, visando a sustentabilidade e melhor qualidade de vida humana. Por estes preceitos, cita-se o telhado verde como importante aliado à construção limpa, que visa criar meios e estratégias econômicas, sociais, tecnológicas e ambientais, aumentando a eficiência da matéria-prima utilizada através da minimização de material utilizado e os benefícios apresentados pelo resultado final da obra, além da promoção do aumento de áreas verdes na cidade.

Buscando dirimir os problemas causados principalmente pelo desenfreado processo de construção civil urbano e a necessidade de buscar alternativas que foquem em procedimentos para o desenvolvimento de projetos sustentáveis e tecnologias associadas às melhorias ambientais, o presente estudo visa responder a seguinte

questão: **Quais as vantagens devem nortear a implantação do telhado verde, visto que há um valor acrescido aos cerâmicos tipo capa e canal?**

Desta forma, buscando verificar o impacto ambiental e também sobre o desenvolvimento sustentável na construção civil, será abordado os desafios e obstáculos para a implantação desta tecnologia sustentável, em contrapartida, será discutido os principais motivos para a instalação deste recurso tão eficaz e beneficiador.

O objetivo deste baseia-se em demonstrar os principais motivos para a aplicação do recurso, em questão econômica e financeira, bem como promover o conhecimento e incentivar a capacitação profissional no âmbito da sustentabilidade, trazendo dados e informações pertinentes para a atribuição destas técnicas na construção civil.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar uma análise comparativa de custo entre telhado verde e telhado cerâmico tipo capa e canal.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Revisar a bibliografia sobre o tema, compreendendo os conceitos, os conflitos e as percepções de vários autores;
- Comparar os aspectos de conformidade do telhado verde com os telhados cerâmicos tipo capa e canal;
- Pesquisar estudos de caso que conduzam e fundamentem os benefícios do telhado verde;
- Comparativo de custo entre telhado verde e telhado cerâmico tipo capa e canal.

## 1.2 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida a partir dos objetivos específicos supracitados, ou seja, a revisão bibliografia acerca do tema, compreendendo os conceitos e percepções de

vários autores, trazendo à luz a importância da aplicação do telhado verde como recurso sustentável. Em seguida, foram abordadas as principais diferenças dos telhados verdes e os cerâmicos tipo capa e canal, bem como as principais vantagens e desvantagens, levando em consideração principalmente o âmbito sustentável e econômico.

Na terceira etapa do trabalho, a realização de análises e estudos de casos feitos de trabalhos implantados, demonstrando seus benefícios, os usos e aplicação, com base nos exemplo MM House / Studio MK27, Morro Da Babilônia, Zonasul, Rj e os Incentivos governamentais tais como a lei municipal nº 18.112/2015, Recife.

Por fim, a quarta etapa se ateve a proposta de implantação do telhado verde numa residência, priorizando o método de cálculo orçamentário da tabela de composição do IOPES, de forma a concluir a viabilidade financeira para a aplicação desta tecnologia

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nota-se que desde a antiguidade houve uma intensa busca de aprimoramento das técnicas construtivas. Dentre as técnicas que foram desenvolvidas com o passar dos anos, cita-se o uso do telhado verde como um antigo recurso que já vinha sendo utilizado desde as civilizações mesopotâmicas (ARAÚJO, 2007). Segundo Araújo (2007), os primeiros jardins suspensos a serem construídos foram os zigurates, da antiga Mesopotâmia e na Babilônia, conforme a Figura 1, região onde hoje se encontra o Iraque, sendo construídos entre 600 a.C. e 450 a.C, cujo mais famoso é o Etemenanki. Sabe-se que o principal objetivo de coberturas verdes realizadas pelos antigos povos baseia-se no fato de proporcionar um ótimo desempenho térmico.

Figura 1 Jardins Suspensos Da Babilônia



Fonte: INSERRA (2016)

O começo da implantação dessa tecnologia, telhado verde, na Europa inicializou durante a idade média, com o principal propósito à conservação de água e à produção de alimentos, pois nessa época a disponibilidade de espaços para produção de alimentos era escassa (SAVI, 2012).

Ainda com base nos estudos de Adriane Cardoni Savi (2012) foi considerado um grande marco para o uso dos telhados verdes, ou toit-jardin como era titulado pelo renomado arquiteto Le Corbusier (1977), foi o modernismo. O uso de telhados jardins é citado como um dos cinco princípios do modernismo, sua proposta tem como principal objetivo recuperar os espaços ociosos das coberturas para integrar com as edificações, e inseri-la na natureza buscando sempre a harmonia com o meio ambiente.

Entretanto, com o aumento considerado da estrutura acrescido ao peso dessa cobertura, e as inseguranças com a infiltração tornaram maiores e reais a criação de barreiras das construções modernistas e pós-modernistas em aderir a tecnologia. Ao longo da história diversas culturas foram tendo acesso aos telhados verdes. Contudo foi na Alemanha, no século XX, que começaram a ser utilizados em grande escala os telhados verdes. Em 1977, a Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – FLL (Sociedade de Pesquisa em Desenvolvimento e Construção da Paisagem) implanta as diretrizes para coberturas verdes na Alemanha. Os telhados verdes passam nesse momento a serem utilizados como forma benéfica ao meio ambiente, trazendo vantagens significativas a sua implementação (OSMUNDSON, 1999).

De acordo com Rodolfo Paulo (2010), pode-se afirmar que o amplo processo de urbanização, aliado à falta de planejamento, proporcionou à cidade menores porções de áreas verdes. Portanto, acarretam num aumento do consumo dos recursos naturais, propulsionando diversas consequências, como o aumento da temperatura e baixa qualidade do ar. Além do crescimento urbano, cita-se como importante fator para o grande afastamento da relação social entre as civilizações atuais com a natureza, a revolução industrial, onde tudo era produzido com mais agilidade.

Para atender as necessidades humanas e do mercado mundial, a indústria precisa ser mais ágil, eficiente e eficaz; para que o problema de maior demanda seja resolvido, diante desses problemas foi criada uma fábrica inteligente que pode atender todas as necessidades com o custo baixo e com mais rapidez. (SILVA; SIMÃO; MENEZES, 2018).

Desta forma, na construção civil não seria diferente, tornando-se ainda mais suscetível aos padrões de vida da época, prezando pelo menor custo e rapidez. Para tanto, no período Modernista, Le Corbusier (1977) implantou conceitos quanto a conservação do habitat natural do homem dentro da cidade moderna tonificada pela Revolução Industrial, havendo relação do meio com a construção. Em sua magnífica sapiência, Le Corbusier (1977) traz cinco linguagens da aplicação da nova arquitetura, ou seja, Planta e fachada livre, janela em fita, Pilotis, e terraço jardim, aplicada perfeitamente em sua obra, Villa Savoye, concluída em 1928, e abrindo espaço para a decorrente aplicação do telhado verde novamente no Brasil, como forma de interação do construído com o meio inserido e também pelos diversos fatores benéficos.

Figura 2 Terraço Jardim Da Villa Savoye - Poissy (Paris)



Fonte: BRAGAIA (2010)

Logo, partindo do princípio apresentado até então, entende-se necessária recuperar a importância da relação do homem com a natureza, dispondo de recursos que busquem criar espaços de conexão, tornando-se necessário planejamento e desenvolver uma arquitetura integrada com urbanismo e paisagismo. Em contrapartida, ao tratar sobre a implantação de telhados verdes, Mink (2004) aborda sobre os cuidados que deve-se ter ao implantar o telhado verde em edificações já construídas sem prévio planejamento deste tipo de cobertura, visto que além do peso do telhado, deve-se prever o aumento da carga em até  $1\text{kN/m}^2$  ( $100\text{kg/m}^2$ ).

## 2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a Resolução nº 307 de 05 de julho de 2012 do Ministério do Meio Ambiente a principal causa dos debates sobre sustentabilidade são referentes ao ambiente construído e à atuação da indústria da construção civil. Afirma-se que o exercício da construção civil tem grande impacto sobre a natureza pela razão do consumo de recursos naturais, pela alteração no ambiente que é construído, pela quantidade de lixo industrial que é gerado, entre outros. Na análise sobre as características das "cidades sustentáveis" brasileiras, a indústria da construção civil foi indicada como um setor a ser aperfeiçoado pelos fatores citados acima.

Atualmente, a grande conscientização sobre a escassez dos recursos naturais e a importância dada ao meio ambiente, tem gerado grandes ações e legislações sobre o tema, em muitos casos, exigindo que as empresas tenham compromissos além de entregar projetos que atendem às necessidades humanas e atuem de modo sustentável e compensatório, indenizando pelos danos ambientais causados, conforme trata a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente – Número 6.938 de 17/01/1981.

## 2.2 TELHADO VERDE

O termo telhado verde, cobertura verde ou ainda jardim suspenso, pode ser compreendido como um sistema construtivo que se caracteriza por fazer uma cobertura vegetal constituída de grama ou de diferentes plantas, resistente aos efeitos do tempo, de pragas e que tem um bom desenvolvimento, sendo possível que seja

instalada em lajes ou ainda sobre os telhados cerâmicos tipo capa e canal, proporcionando inúmeros benefícios que serão tratados mais à frente, além de propiciar maior área verde permeável no meio construído.

Para melhor compreensão, ressalta-se que esse tipo de cobertura

Geralmente são aplicados em telhados praticamente planos com inclinação aproximadamente de 5% para permitir o escoamento não muito rápido da água. Para telhados acima de 20% deverão ser tomadas outras providências para deter o fluxo de água como barreiras ou outras estruturas (TOMAZ, 2008, p. 26)

Figura 3 Telhado verde em uma inclinação de 45° - (Alemanha)



Fonte: MINKE (2004).

Figura 4 Telhado Plano - (Alemanha)



Fonte: MINKE (2004)

## 2.3 TIPOS DE TELHADO VERDE

A diferenciação entre eles leva em consideração o tipo de laje onde será implantado, o sistema construtivo e a finalidade que se deseja obter com o mesmo. Sendo assim, depois da avaliação da estrutura, o telhado poderá ser extensivos, intensivos ou ainda semi-intensivos.

Segundo as informações apresentadas pela International Green Roof Association - IGRA (2011), podemos ver que os critérios devem ser aplicados com o intuito de caracterizar as três diferentes espécies de Telhados Verdes, que são as seguintes:

Tabela 1 Peculiaridades Que Caracterizam Cada Tipo De Telhado Verde

<b>Itens</b>	<b>Telhado Verde extensivo</b>	<b>Telhado Verde semi-intensivo</b>	<b>Telhado Verde intensivo</b>
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 <sup>2</sup>	120-200 kg / m <sup>2</sup>	180-500 kg / m <sup>2</sup>
Custos	Baixo	Meio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

Fonte: IGRA (2011).

A tabela 1 apresentada demonstra as características específicas de cada tipo de telhado verde, tanto sua necessidade de manutenção quanto ao princípio de sua utilização.

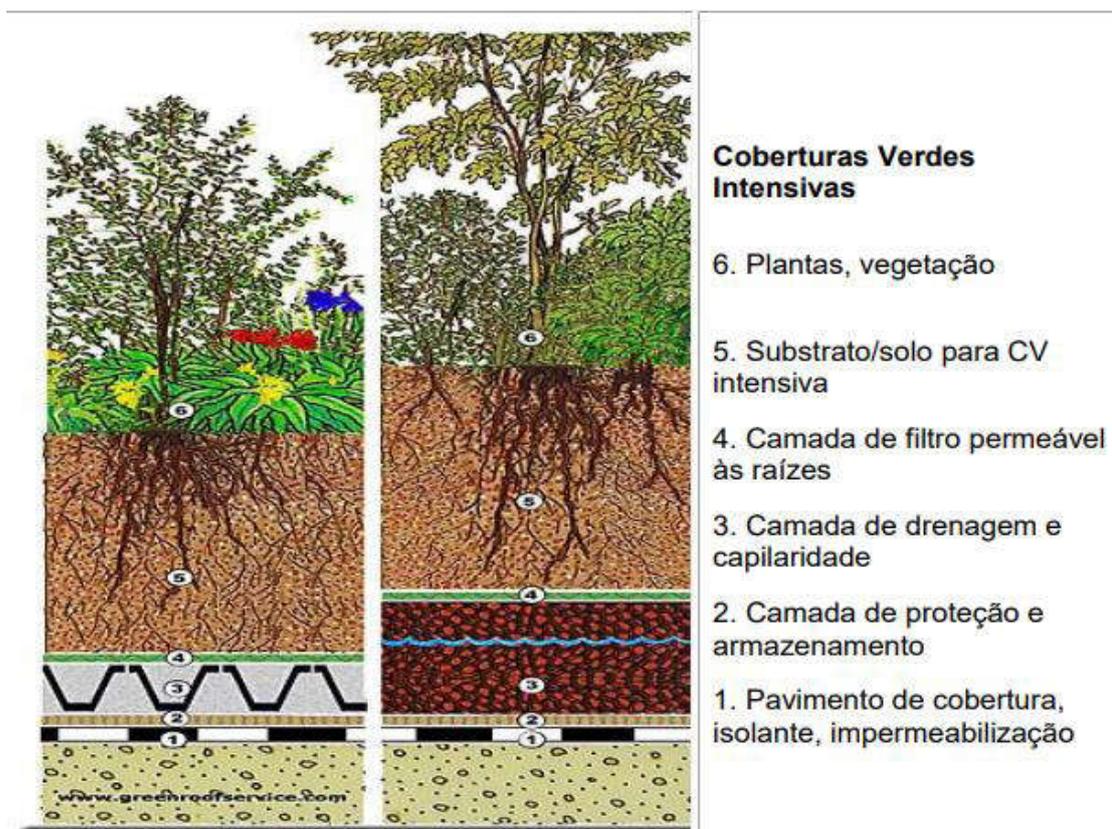
### 2.3.1 Sistema Intensivo

Os estudos de Ohnuma Jr (2014) apontam que os telhados verdes intensivos se caracterizam por aqueles que precisam contar com uma estrutura de grande complexidade para a sua instalação, portanto sua manutenção é constante. Neste tipo de telhado verde, diversas espécies de plantas podem ser usadas, podendo ser

gramíneas e até mesmo árvores e arbustos. Normalmente, este é pouco utilizado quando existe elevadas inclinações, levando em consideração que o seu peso faz com que ela seja mais passível a ocorrência de deslizamentos da terra.

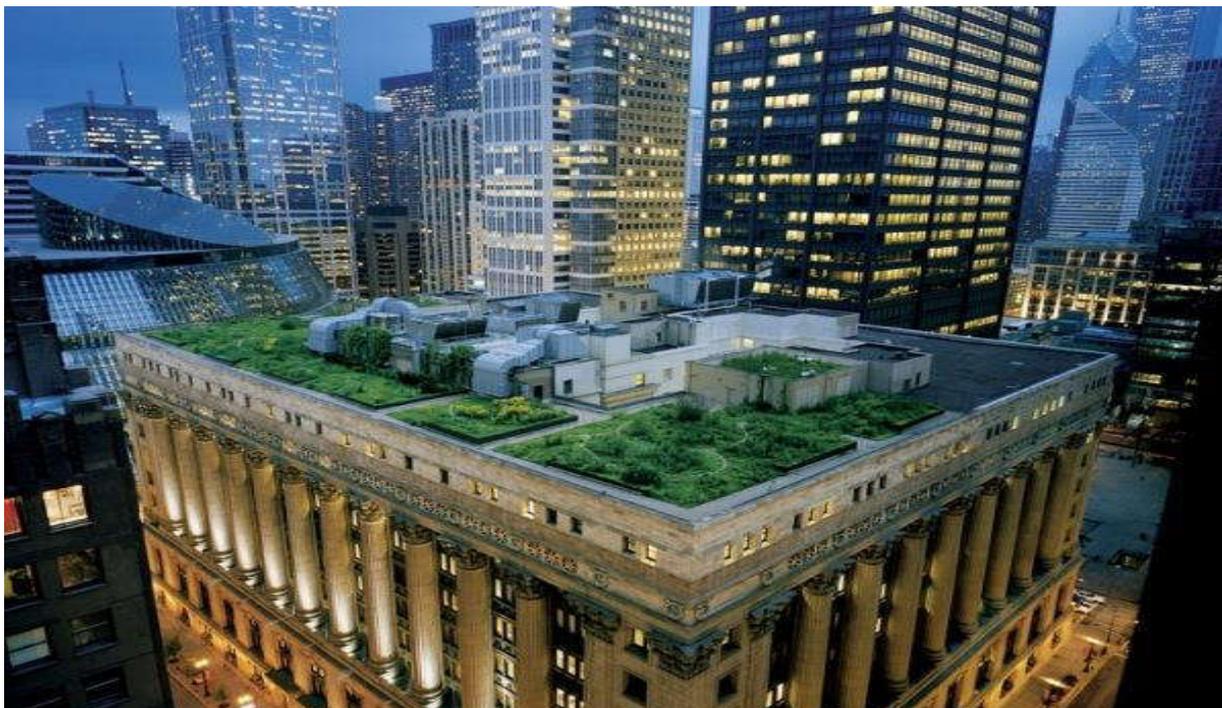
Dessa forma, os telhados intensivos são capazes de serem formados por plantas de nível médio a grande, podendo se diversificar desde pequenas plantas até árvores frutíferas. O referido tipo de vegetação faz com que esse telhado verde faça ainda a proteção da cobertura da radiação ultravioleta, elevando assim a sua vida útil. Os cuidados que deve-se ter com este tipo de telhados são similares aos de um jardim, ou seja, necessitam de mais água e cuidados de jardinagem, sendo preciso ainda que ele conte com uma camada de substrato superior ou igual a 30 cm, conforme demonstra a figura 5 abaixo, um sistema de irrigação e drenagem, assim como de um reforço estrutural que proporcione a capacidade de suportar mais elevada capacidade de carga, visto que pode pesar cerca de 100 a 200 kg/m<sup>2</sup>, desconsiderando a saturação da água (SILVA, 2011; SAVI, 2012; IGRA, 2015).

Figura 5 Telhado Verde Intensivo



Fonte: NASCIMENTO (2008, P.50)

figura 6 Telhado Verde Intensivo Chicago (Eua)



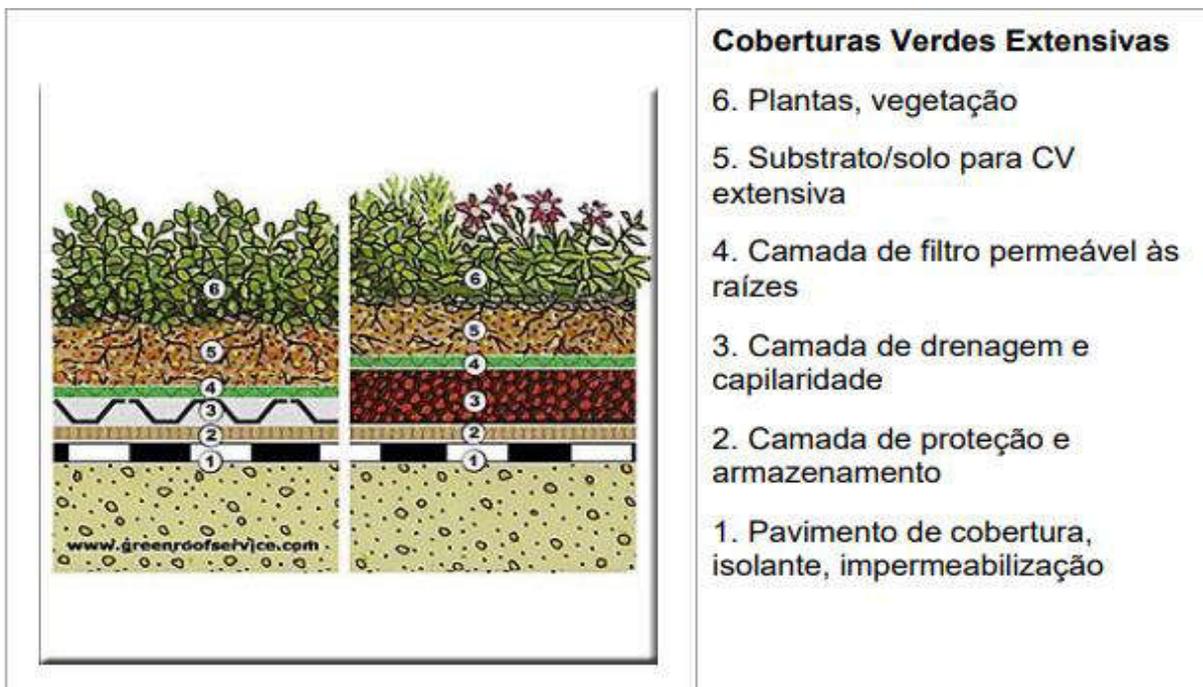
Fonte: JENSHEL (2015)

### 2.3.2 Sistema Extensivo

Conforme os estudos de Neto (2014), na cobertura extensiva a vegetação utilizada é de pequeno porte, conforme demonstra a figura 7 e 8 a seguir, predominando as espécies que se desenvolvem espontaneamente, com facilidade para se adaptar a locais e condições climáticas severas. Normalmente, este tipo de cobertura verde é simples e resistente, contendo uma necessidade baixa manutenção, pois a vegetação absorve os nutrientes e a água através de processos naturais. Entre as categorias de telhado verde é a de menor peso, sobrecarregando menos a estrutura, considerada por essa característica uma cobertura ecológica de mais fácil aplicação.

Nesse sentido, os telhados verdes extensivos devem ser habitualmente instalados com o intuito de proporcionar serviços específicos, assim como diminuir as temperaturas de verão e também a captação de água da chuva (SILVA, 2011).

Figura 7 Telhado Verde Extensivo



Fonte: NASCIMENTO (2008, p.48)

Figura 8 Telhado Verde Extensivo - Sesc Jundiá



Fonte: ROCHA (2015)

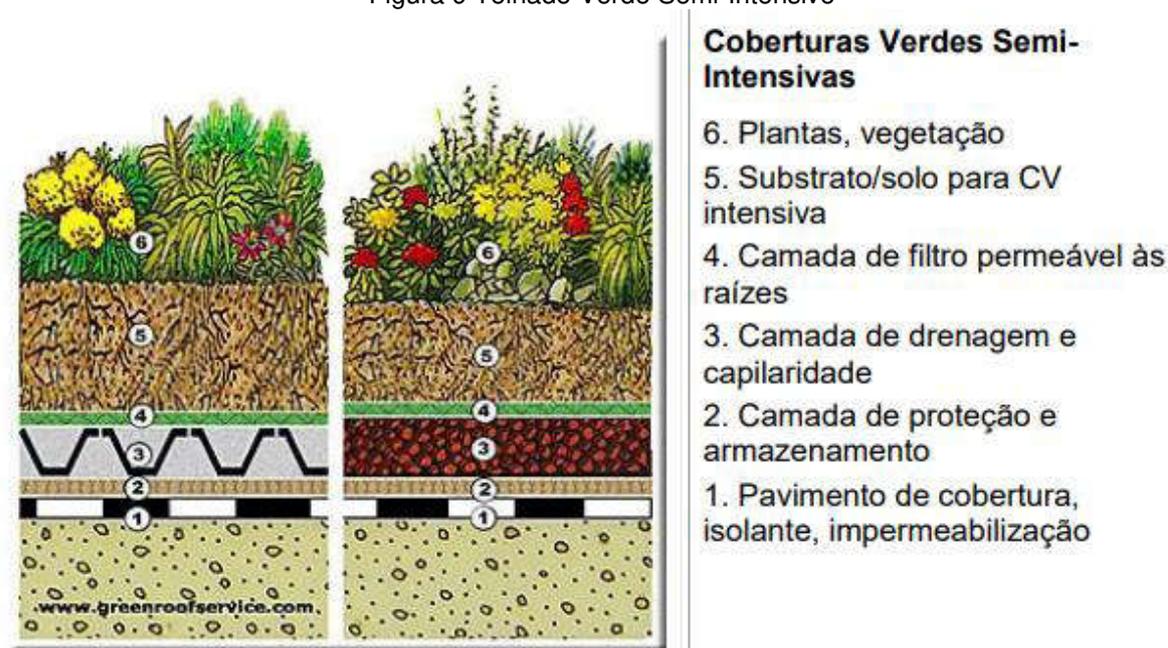
### 2.3.3 Semi-intensivo

No telhado verde semi-intensivo a vegetação utilizada são as gramíneas, arbustos e árvores de pequeno porte, sendo o tipo intermediário entre o telhado intensivo e extensivo. Sua camada de vegetação ficar entre 12 a 20 cm, o tipo de vegetação

utilizada requer maiores cuidados quanto ao fornecimento de água e nutrientes nas manutenções, desta forma, o gasto com este tipo de cobertura é maior comparado a cobertura extensiva.

A composição da cobertura semi-intensiva permanece idêntica a cobertura extensiva, todavia é necessário uma camada de substrato maior que 15 cm para atender as necessidades das plantas como mostra Figura 9.

Figura 9 Telhado Verde Semi-Intensivo



Fonte: NASCIMENTO (2008, p.49)

## 2.4 BENEFÍCIOS PROPORCIONADOS PELOS TELHADOS VERDES

A utilização da cobertura verde apresenta uma série de vantagens positivas em relação a telhados cerâmicos tipo capa e canal. Essa tecnologia contribui na qualidade de vida do coletivo, abrangendo a sociedade, a fauna, a flora, contribuindo positivamente em qualquer outro sistema afetado pelas interações existente na cobertura verde, International Green Roof Association - IGRA, alguns destes benefícios são:

### 2.4.1 Drenagem de águas pluviais

Conforme os estudos de Costa et. al. (2012), o telhado verde tem como característica contribuir diretamente na redução do risco de inundações, tendo ele a intenção de

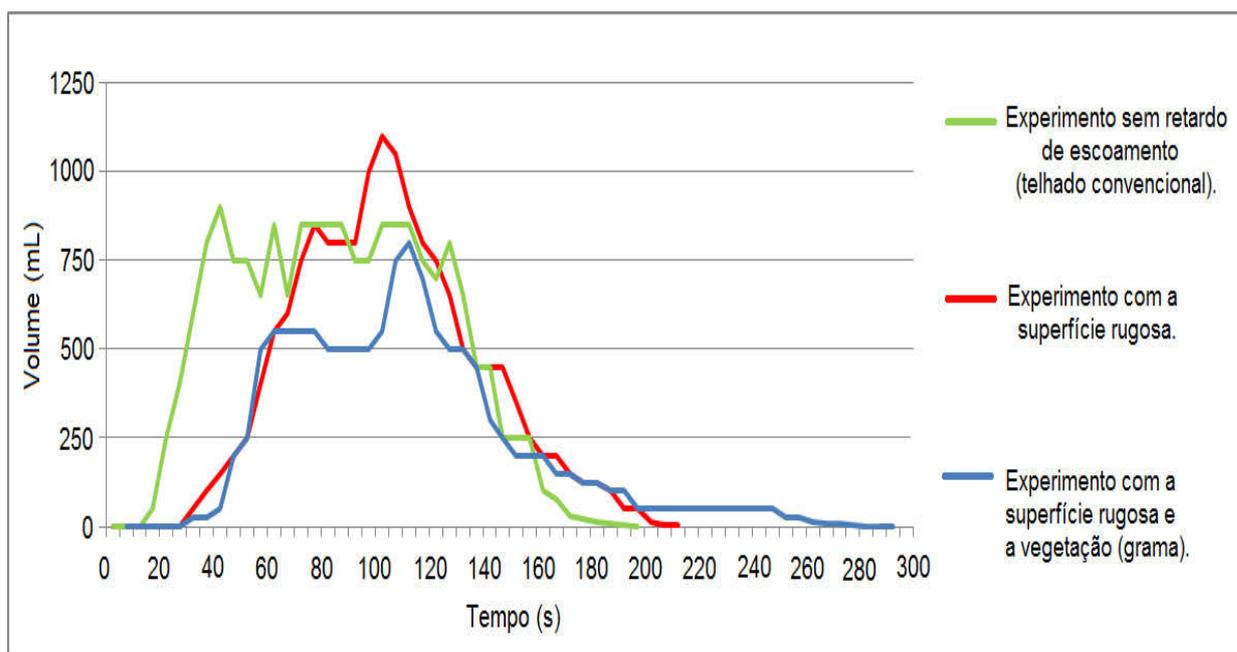
tornar parecidas as características das bacias hidrográficas urbanas com as bacias naturais.

Pesquisas realizadas por Di Giovanni e Cruz (2010), apontam que ao se fundamentar em um protótipo de um telhado verde com a intenção de mensurar diferentes vazões de água que são lançadas sobre o mesmo, fazendo uma simulação das intensidades de chuvas, os autores chegaram à conclusão de que, por meio da construção e uso desse protótipo, os resultados se apresentem satisfatórios e promissores, ressaltando assim a eficácia do sistema que apresenta uma adequada retenção de água.

Em acessão com os estudos supracitados, salienta-se que em experimentos realizados por Costa, Costa e Poletto (2012), o comportamento das vazões da água de chuva simulada no telhado verde, nos casos de vegetações, verificou-se menor pico de vazão, diminuindo as possibilidades de enchentes.

Demonstra a possibilidade de usar os telhados verdes para retenção e retardo da vazão da água de chuva, servindo, então, como uma forma de minimizar o risco de inundações, buscando assemelhar as características das bacias hidrográficas urbanas às das bacias naturais. Como há uma retenção parcial da água de chuva através dos processos de interceptação e de infiltração, aumenta-se o tempo de concentração das águas pluviais, sendo que sua liberação para os sistemas de drenagem urbana ocorre mais lentamente, ocorrendo inclusive, perdas devido à evapotranspiração causada pelas plantas. Comparando-se as diferentes situações observa-se a diferente distribuição temporal das vazões, demonstrando a eficácia do sistema no retardo. (COSTA, COSTA e POLETO, 2012)

Gráfico 1 Escoamento Superficial Telhado Verde



Fonte: COSTA, COSTA e POLETO, 2012.

O gráfico acima demonstra o eficaz funcionamento do telhado verde em auxiliar no retardo da água a serem destinados para a rede pública de drenagem pluvial, através da linha azul, cujo tempo de escoamento é maior que em outros tipos de superfícies.

#### 2.4.2 Redução das Ilhas de Calor

Segundo os estudos de Spangenberg (2009 apud D'ELIA, 2012), é possível obter uma diminuição de 1°C a 2°C da temperatura das cidades ao se usar esses telhados verdes. Diferentes elementos beneficiariam a definição dessa variação como direção e intensidade dos ventos.

A referida alteração de temperatura é extremamente importante para a diminuição das ilhas de calor que são significativamente fortes em grandes centros urbanos. Com toda a incidência do sol sobre essas coberturas ocorre a elevação da temperatura em volta das construções, especialmente nas edificações que possuem uma coloração escura, ocorrendo assim uma absorção dessa energia e no decorrer da noite ela é liberada, precisando assim da utilização dos aparelhos cujo finalidade seja diminuir a temperatura. A referida diminuição das temperaturas é capaz de ser realizada por meio da evapotranspiração dessas vegetações (BALDESSAR, 2012).

Dessa forma, as coberturas verdes diminuem significativamente a temperatura dos telhados, e as palavras de Spangenberg (2009 apud D'ELIA 2012) contribuem assim com o assunto:

A redução da temperatura da superfície das lajes após a instalação das coberturas diminui cerca de 15°C, o que influencia na sensação de conforto térmico dos ambientes. A diferença também é sentida no consumo de energia elétrica. Dependendo do tipo de telhado, capacidade de área, vegetação utilizada e do sombreamento, estima-se que, no andar de cobertura, a redução da carga térmica para o condicionador de ar seja de aproximadamente 240 kWh/m<sup>2</sup>, proporcionado pela evapotranspiração (SPANGENBER, 2009 apud D'ELIA, 2012).

#### 2.4.3 Isolamento térmico e conservação de energia

Conforme dados comprovados por Beyer (2007), o telhado verde proporciona efeito de isolamento térmico, diminuindo as altas temperaturas da telha e do ar abaixo quando sujeito a radiação solar e altas temperaturas climáticas.

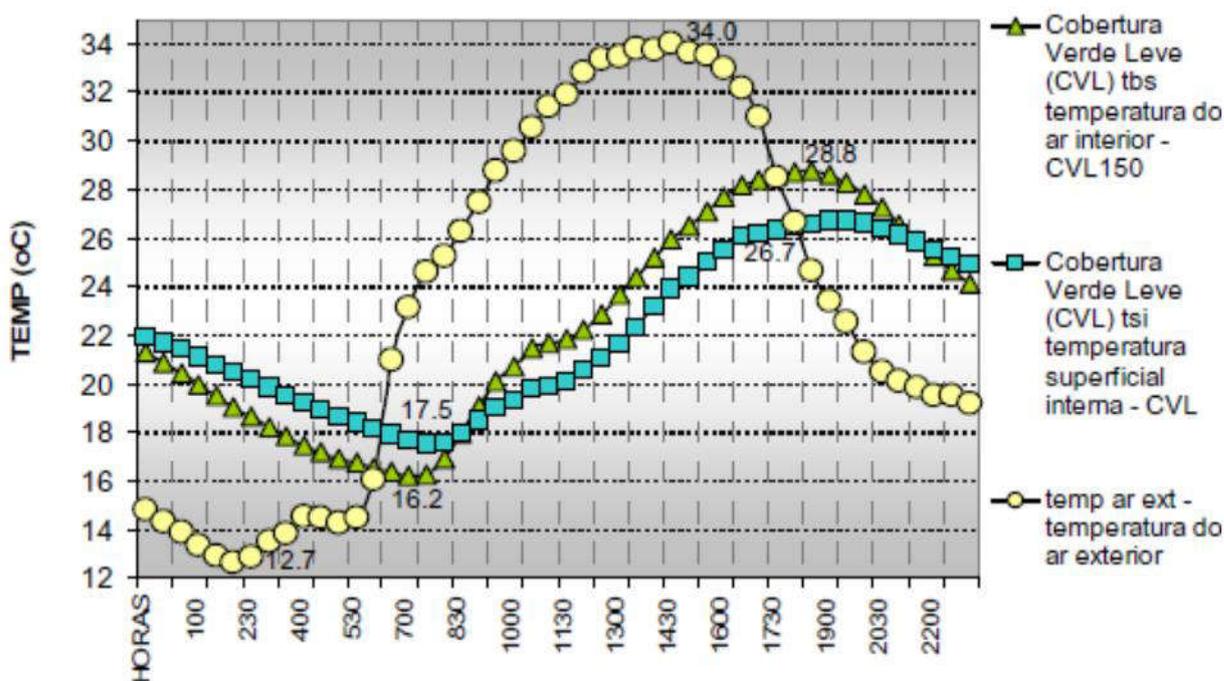
Segundo a concepção de Vecchia (2005), ao efetuar um estudo na Universidade de São Carlos, elaborando diferentes protótipos de cobertura, onde um deles é o telhado

verde leve, já a outra era formada por sistemas tradicionais de coberturas que mais são usadas no Brasil. Esse estudo fez uma relevante comparação da eficiência energética dessas coberturas. Ressaltando ainda que o processo de troca de calor ocorre de forma vagarosa, isso porque o telhado verde também atua como um isolante.

Os estudos de Vecchia (2005) ainda apontam que esse retardo na troca de calor ocorre por conta de sua formação termo física, massa e resistência térmica, ação de sombreamento consequentes dos arbustos da grama, assim pelos diferentes efeitos térmicos mais benéficos proporcionados por esse tipo de sistema de cobertura.

Em decorrência a todas as camadas que são necessárias para a instalação de um telhado verde, membranas de impermeabilização, suportes de cultura e materiais vegetais; toda esta espessura acaba por agir como isolante, sendo que, no que diz respeito às edificações, as propriedades isolantes dão um grau de resistência em transmissão de energia, reduzem os requisitos de ar condicionado no verão e diminuem a necessidade de aquecimento no inverno (BALDESSAR, 2012, p. 44).

Gráfico 2 Comparações De Temperaturas

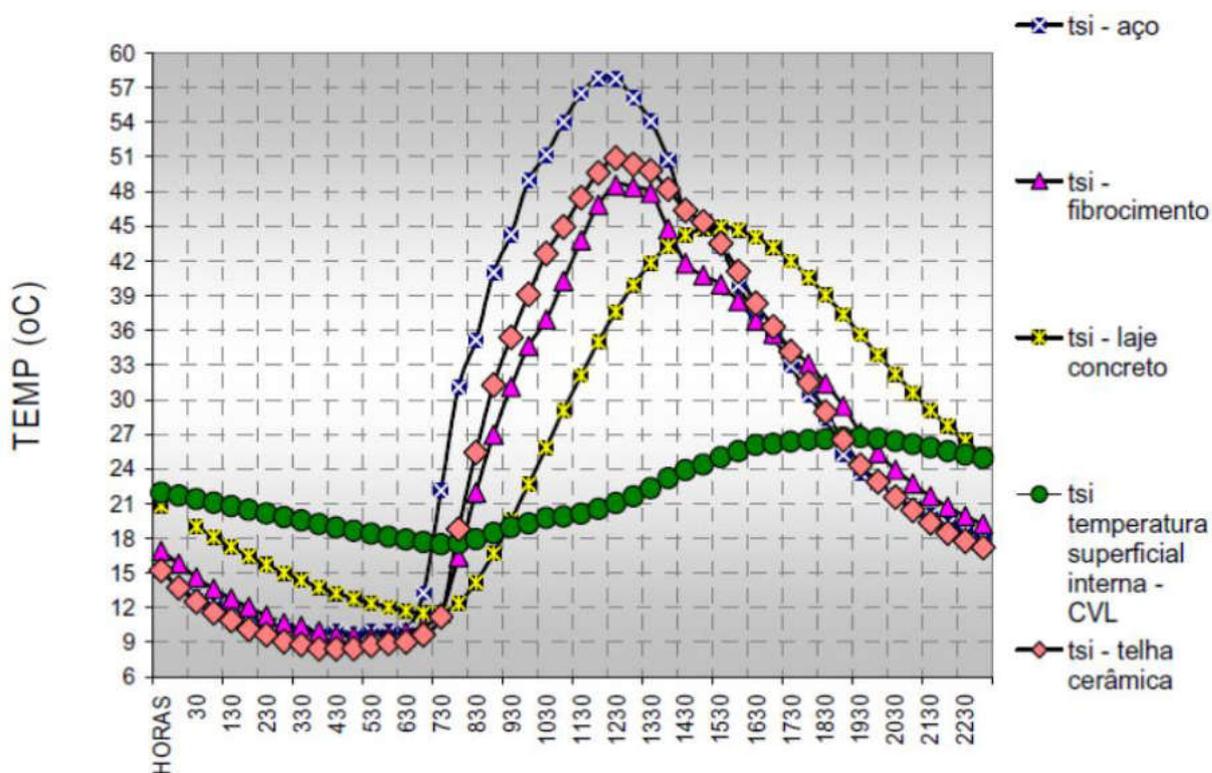


Fonte: VECCHIA (2005).

O gráfico acima representa um estudo em um telhado verde, comparando a temperatura externa com a temperatura interna do telhado verde, podemos observar a variação da temperatura externa com a linha de bolinhas, oscilando entre 12.7°C e 34.0°C, em relação a temperatura interna do telhado verde, podemos observar uma

variação de 16.0°C e 28.8°C, fica concluído que a temperatura interna do telhado verde possui uma diferença menor entre variação de temperatura, concluindo a característica de ser isolante térmico.

Gráfico 3 Comparação De Temperatura Interna De Cinco Coberturas Diferentes



Fonte: VECCHIA (2005).

A figura acima faz o comparativo das temperaturas superficiais internas de cinco protótipos: aço galvanizado; fibrocimento ondulada; laje pré-moldada cerâmica inclinada (sem telhas) e com impermeabilização, de cor branca, com resina de óleo vegetal (*Ricinus communis*); cobertura verde leve e, telha cerâmica.

Dessa maneira, podemos ver que o telhado verde é capaz de proporcionar maior estabilidade na temperatura no decorrer do dia e da noite. Onde possuem temperaturas mais altas no decorrer da noite e temperaturas baixas no decorrer do dia.

#### 2.4.4 Produção de Oxigênio, Absorção de CO<sub>2</sub> e filtragem do ar

Ressaltando ainda que o gás de maior relevância do efeito estufa é o CO<sub>2</sub>, e os mais importantes responsáveis por fazer a emissão de CO<sub>2</sub> (cerca de 50% das emissões) são as construções urbanas (ROAF et. al., 2006).

Nesse sentido, um relatório elaborado pela Comissão sobre Poluição Ambiental no Reino Unido ressalta que, buscando obter uma melhor estabilidade das mudanças climáticas, é preciso ainda diminuir por volta de 60% das emissões de CO<sub>2</sub>. E uma das maneiras mais interessantes para a diminuição das emissões é redução da utilização de energia nas edificações (ROAF et. al., 2006).

Posto isso, ressalta que é preciso discutir mais sobre a utilização de sistemas mais eficientes para o adequado controle da temperatura, sistemas esses que podem resultar em um menor impacto ambiental, a utilização de coberturas verdes passa a ser um excelente aliado do referido sistema.

Conforme os estudos de Savi (2012) as vegetações retêm também partículas de pó, fuligem presentes no ar, e filtram substâncias nocivas ao ambiente e ao ser humano.

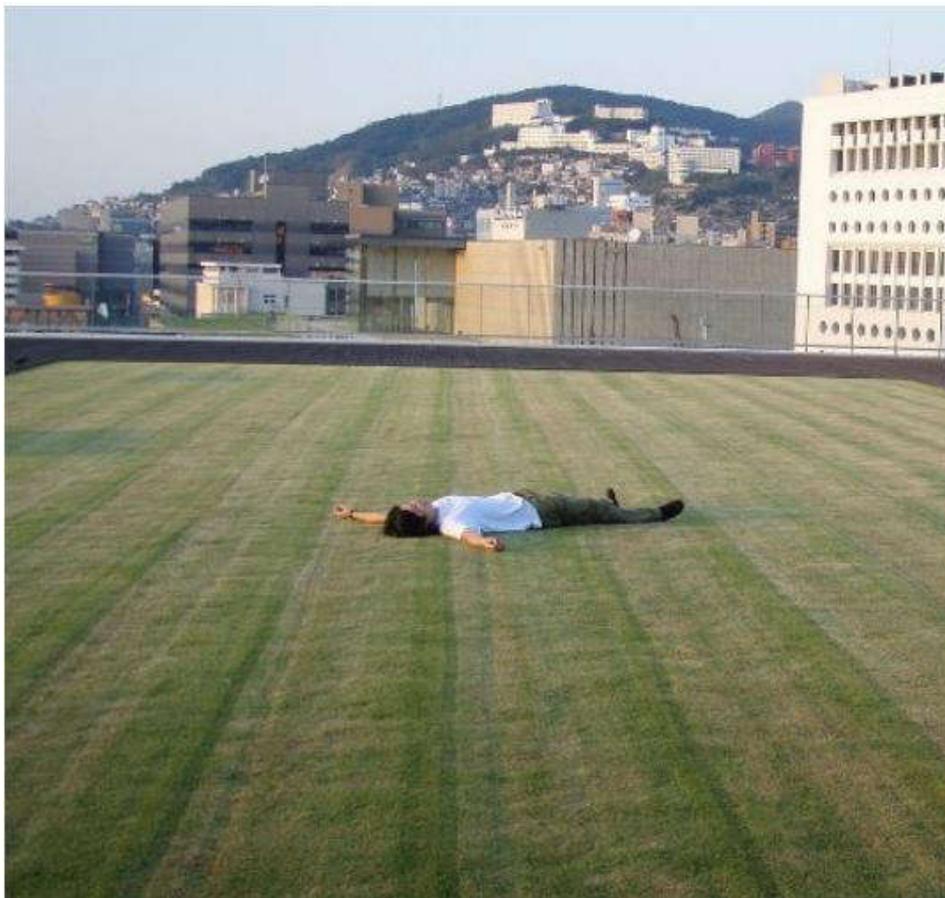
#### 2.4.5 Maximizam a qualidade de vida e na saúde humana

Diferentes pesquisas apontam que o ar resultante dos sistemas de ar condicionado é extremamente pior quando comparado com o ar externo das edificações, onde essas ainda possuem a capacidade de abrigar diferentes micróbios e elementos químicos que podem prejudicar a vida das pessoas, tais como Legionella, mofo, entre outros (ROAF et. al., 2006).

Sendo assim, as referidas edificações que possuem os sistemas de condicionamento artificial de ar já vivenciam o problema da Síndrome da Edificação Suja, assim como completa Roaf (2006). O referido autor ainda agrega valor ao assunto dizendo que o trabalhador americano acaba perdendo um dia de trabalho por mês causado pela referida síndrome.

Fazer com que exista mais vegetação na vida de toda a população tende a agregar maior valor e conforto visual para os indivíduos. Sendo assim, os estudos de Cantor (2008) apontam que os telhados cerâmicos se apresentam como telhados tristes, já os telhados verdes, são capazes de melhorar significativamente a vida de toda uma cidade.

Figura 10 Interação Do Homem Com O Telhado Verde



Fonte: SAVI (2012).

#### 2.4.6 Proporcionam novos ecossistemas

Com o avanço na construção civil em geral não podemos deixar que as cidades sejam moldadas somente de concreto e aço, é preciso ter a natureza nessa evolução, ou seja o telhado verde tem uma forte ligação com novos ecossistemas reforçando o retorno de insetos e pássaros, além das plantas, flores, etc.

Com a necessidade de trazer de volta para os centros urbanos e para as periferias das cidades, os ecossistemas. Mesmo observando que o telhado verde possua somente uma pequena contribuição, ele possui a capacidade de reforçar o ecossistema, beneficiando os pássaros e insetos (ARAUJO, 2007).

Sendo assim, é extremamente relevante fomentar a utilização de vegetações nativas em todos os telhados verdes, assegurando assim a consistência o ecossistema do local.

Figura 11 Borboletas E Pássaros Se Beneficiando Do Telhado Verde



Fonte: SAVI (2012).

### 3 ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DO TELHADO VERDE

Ao se tratar de telhado verde, faz-se muito importante o conhecimento quanto a metodologia construtiva deste. Para tanto, com o intuito de colocar em prática essa tecnologia, é necessário a instalação de uma estrutura especial para a cobertura. Em uma forma geral, o telhado verde é composto de vegetação, substrato, membrana filtrante, camada drenante, camada de retenção de água, proteção anti-raízes e membrana de impermeabilização (BALDESSAR, 2012).

Conforme os estudos de Nascimento (2008), caso o telhado seja composta por uma laje normal, é necessário que seja devidamente impermeabilizada, com os cuidados necessários para que não ocorra infiltrações, devendo ser instaladas as mantas onduladas em conjunto com os sistemas de irrigação e drenagem que integram o projeto de um telhado verde, sendo ainda introduzida a terra e o adubo que objetivam fazer com que as plantas cresçam.

A tecnologia do telhado verde não necessariamente pode ser implantada somente em novas edificações, pois desde que sejam realizados os estudos pertinentes e as correções devidas, podem ser aplicados com grande sucesso em edificações existentes.

Segundo os estudos de Baldessar (2012), o plantio utilizado em telhados verdes é usado principalmente em telhados planos, porém é possível explorar esta técnica em telhados inclinados, desde que medidas adequadas sejam tomadas para garantir a cobertura deste, ou seja, para que a vegetação não escorregue junto com o substrato devido a inclinação. As técnicas utilizadas para a contenção da vegetação e do seu substrato irão variar conforme a inclinação aplicada a cobertura e do local onde ela está inserida.

De acordo com Minke (2004), classifica-se os telhados verdes e suas inclinações: para telhados de até 3° ou 5% de inclinação é considerado telhado plano, o que possui de 3° a 20° ou 5% a 35% de inclinação é chamado de telhado de encosta suave, o que possui de 20° a 40° ou 36% a 84% é chamado de telhado com declive, acima de 40° ou acima de 84% é chamado de telhado íngreme. Minke (2004) afirma que para telhados considerados suave, a colocação de segurança contra deslizamento do substrato é considerada irrelevante, podendo ser descartada, e para as demais inclinações recomenda-se diferentes dispositivos para diferentes inclinações.

Considerando os estudos de Araújo (2007), nota-se a preferência para o uso de plantas locais, que possuem maior resistência à chuva e à estiagem, necessitando de pouca rega e poda.

### 3.1 ESTRUTURA DE COMPOSIÇÃO DO TELHADO

Conforme os dados supracitados o telhado verde deve ser constituído através de cinco diferentes camadas principais, tal como vamos ver logo mais.

Figura 12 Representação Corte Do Telhado Verde



Fonte: AT ARQUITETURA (2019) – ADAPTADO PELOS AUTORES (2019)

#### 3.1.1 Camada Impermeabilizante

Essa camada possui o objetivo de proporcionar proteção para a laje contra a ocorrência de infiltrações, pois o mesmo se vier a ocorrer ocasiona diminuição da vida

útil da estrutura, além de causar transtornos para quem ocupa o local. Existem inúmeros materiais capazes de fazer essa impermeabilização da estrutura, tais como betuminosos e sintéticos, o material mais utilizado para este fim é a aplicação de manta asfáltica (ARAÚJO, 2007).

### 3.1.2 Camada de drenagem

Essa camada realiza a drenagem da água da chuva, proporcionando a vazão ao excesso de água e ainda é útil como um filtro, realizando a separando dos possíveis poluentes. A referida camada é capaz de ser formada através de brita, seixos, argila expandida, possuindo ainda uma espessura que varia entre 7 a 10 cm (ARAÚJO, 2007).

### 3.1.3 Camada filtrante

Uma manta filtrante conhecida também como manta geotêxtil, sua principal funcionalidade é evitar que as pequenas partículas das camadas de solo vão para a área de drenagem, aumentando a vida útil do telhado verde, auxiliando também em afasta as camadas de solo com os vegetais e da camada drenante.

### 3.1.4 Membrana de proteção contra raízes

A proteção anti-raízes é necessária para proteger a camada de impermeabilização e a estrutura de eventual deterioração causada pelo crescimento das raízes e microrganismos presentes no substrato e na água armazenada.

Conforme informações apresentadas por Nascimento (2008), os materiais impermeabilizantes já apresentam um aditivo herbicida que inibe o contato e a perfuração da camada impermeabilizante pelas raízes, entretanto impermeabilizantes de composição betuminosa não são recomendados como proteção anti-raízes, visto que certas raízes apresentam organismos que se alimentam do betume, além disso o material impermeabilizante deve ser resistente a ácidos húmicos e radiação ultravioleta. Desta forma, recomenda-se que no momento da escolha do material utilizado como proteção anti-raízes, seja feito o estudo sobre o tipo de vegetação, os materiais das camadas e as condições da estrutura não apresentam alguma

característica química, física ou biológica que interfira na qualidade da proteção anti-raízes.

### 3.1.5 Solo e Substrato

O solo, também conhecido como substrato, é a base do desenvolvimento da vegetação na cobertura verde. é de suma importância que a camada de solo tenha uma boa qualidade, pois ela é responsável pela nutrição, desenvolvimento e enraizamento das plantas, e pela retenção e permeabilidade de água (NETO, 2012). Conforme os estudos de Neto (2012), os materiais utilizados como substrato nas coberturas verdes podem ser orgânicos e inorgânicos.

Os substratos orgânicos são elaborados a partir de decomposição de vegetais, animais e microrganismos, já os substratos inorgânico são formados por: natural e sem processo de manufatura (brita e areia); natural e manufaturado (lã de rocha, argila expandida, vermiculita) e sintética (poliestireno em placas ou em grânulos) (NASCIMENTO, 2008).

Os substratos inorgânicos possuem uma certa vantagem pela escolha, segundo estudos de Cantor (2001), quando acrescentado aditivos a esse substratos eles se transformam em material de condições ideais para cada modelo de instalação, os solos da mesma localidade da construção, quando possuem característica de uso, reduzem o custo do transporte e proporcionam um melhor benefício para o crescimento de plantas nativas, onde serão semelhantes às naturais.

A figura a seguir Figura 13, demonstra a classificação do tipo de vegetação e a altura de cada tipo de telhado verde, proporcionando um padrão para a implementação com segurança.



## 3.2 ANÁLISE COMPARATIVA DE VANTAGENS E DESVANTAGENS ENTRE TELHADO VERDE E TELHADOS CERÂMICOS TIPO CAPA E CANAL

### 3.2.1 Telhado Verde

Conforme dados supracitados, baseados pelos autores Baldessar (2012) e Beyer (2007), a tecnologia telhado verde apresenta vários benefícios para a construção civil, a seguir iremos listar as vantagens que é fornecida pela utilização da cobertura.

#### 3.2.1.1 Vantagens

- Auxilia na diminuição da poluição e melhora a qualidade do ar entorno da casa, pois capta gás carbônico e libera oxigênio;
- Ajuda a evitar as chamadas ilhas de calor que se consistem nas cidades, com isso ajuda a combater e amenizar o calor;
- As camadas absorvem e isolam os ruídos, auxiliando no conforto acústico;
- Proporcionam uma maior captação das águas das chuvas e regulam a drenagem delas, com isso reduz a utilização de um sistema de escoamento, diferente do telhado cerâmico tipo capa e canal que necessita de calhas para auxiliar no escoamento;
- Reduz o consumo de energia, devido ao ambiente interno está com uma temperatura menor, por isso diminui a necessidade de refrigeração;
- Cria espaços verdes na cidade, além de proporcionar maior área permeável;
- Cria habitats naturais.

#### 3.2.1.2 Desvantagens

De acordo com Neto (2012), as desvantagens estão associadas no momento da sua implantação e manutenção. Se no decorrer da instalação do sistema não for realizada de maneira correta, pode gerar infiltrações. Entre outras desvantagens do telhado verde, podemos citar as seguintes:

- O custo de implementação é maior em relação ao de telhados cerâmicos tipo capa e canal;
- Se for mal instalado, corre riscos de infiltrações;
- dependendo do tipo de vegetação adotada, o telhado verde se torna um "lar" para insetos indesejáveis;
- Dificuldade de encontrar mão de obra qualificada e especializada para o projeto e instalação.

### 3.2.2 Telhado cerâmico tipo capa e canal

Conforme dados apresentados por Teske (2014), o telhado cerâmico tipo capa e canal apresenta seus benefícios bem como suas vantagens e desvantagens mostrado a seguir:

#### 3.2.2.1 Vantagens

- Titulado como o telhado cerâmico tipo capa e canal;
- Por ser o telhado mais utilizado, sua mão de obra tem alto índice de qualidade;
- Seus formato e inclinação são excelentes para escoamento da água;
- Há muitos modelos com custos bem acessíveis, inclusive além dos modelos cerâmicos, há também as telhas de concreto que são muito usadas hoje;
- Usando uma telha mais nobre é possível fazer um belo telhado com estética agradável.

#### 3.2.2.2 Desvantagens

- Demanda bastante tempo de execução;
- As telhas de cerâmica tendem a absorver água e assim elas podem danificar com maior facilidade;
- Requer o uso de calha no final da telha para evitar as famosas goteiras que poderão umedecer as paredes;

- Pode ter incidência de goteiras por conta de telha quebrada ou em caso de chuva com ventos fortes.

### 3.3 MANUTENÇÃO E CUIDADOS COM TELHADO VERDE E CERÂMICO TIPO CAPA E CANAL

#### 3.3.1 Telhado verde

A principal forma de conservação do sistema de telhado verde é a aplicação das devidas manutenção periódicas que proporcionam a qualidade estética e funcional da cobertura. A frequência da manutenção depende principalmente das exigências da vegetação específicas de cada modelo do telhado verde, e de eventuais reparos nas demais camadas, desta forma, ações como irrigação, plantio, poda e limpeza são consideradas elementos da manutenção (NETO, 2014).

Conforme estudos apresentados por Neto (2014), é importante destacar que algumas coberturas necessitam de estruturas de segurança, como pontos de fixação e apoio, para a realização da manutenção sem colocar em risco a vida do usuário responsável por tal atividade, a vista disso, é necessário que durante a fase de projeto tais itens sejam incluídos, sempre respeitando as limitações dos demais projetos.

Seguindo as necessidades de manutenções da cobertura um outro cuidado especial é sobre a terra que será utilizada na cobertura, com características fundamentais de suportar o sol e ficar firme durante as ventanias.

Portanto, vale ressaltar novamente a suma importância que se realize um tratamento impermeabilizante da laje, com ralo de escoamento e uma inclinação mínima, para que, de forma alguma, haja a possibilidade de formação de poças de água, evitando a infiltração e o agravamento de problemas (NETO, 2014).

#### 3.3.2 Telhado cerâmico tipo capa e canal

Conforme os estudos apresentados por Teske (2014), um dos principais cuidados com o telhado cerâmico tipo capa e canal é a limpeza, de maneira a evitar o acúmulo de limo e outras impurezas, como folhas e galhos, o que dificulta no processo natural de secagem e escoamento após as chuvas, ocasionando o acúmulos dos mesmos

consequentemente podendo ocorrer os vazamentos e infiltrações. Por este motivo, deve-se manter a habitual manutenção, pelo menos uma vez por ano.

Com o passar do tempo é importante fazer a checagem das telhas para averiguar o estado que se encontram, dependendo de o resultado realizar a substituição. Além disso, realizar a manutenção na estrutura, verificando as condições da base de madeira, se não está apodrecendo, ou até mesmo com cupim, e por fim, é preciso verificar as calhas, com o intuito de estabelecer sempre a limpeza dos dutos para que haja o perfeito funcionamento em períodos de grandes índices pluviométricos (TESKE, 2014).

## 4 ANÁLISE ESTUDOS DE CASOS

Nessa parte do trabalho é possível identificar um exemplo de estudo com uso de telhado verde, mostrando sua aplicação, as vantagens significativas para o meio ambiente e também sua eficiência, seus benefícios e sua necessidade para a implementação.

### 4.1 MM HOUSE / STUDIO MK27

Este estudo de caso foi realizado a partir das informações contidas no portal **Archdaily** sobre a casa MM, projetada pelo Studio MK 27, com a finalidade de demonstrar o uso do telhado verde como uma forma de tecnologia mais limpa, demonstrando sua eficiência, informar a necessidade do uso e também os benefícios gerados pela implementação.

Esse projeto foi iniciado em 2009 e teve sua conclusão em 2012, localizada em Bragança Paulista, interior de São Paulo, projetada estruturalmente pelo engenheiro Eduardo Duprat, executada pela construtora CPA Engenharia liderada pelo engenheiro Paulo Renó, a área do projeto construído é 715 m<sup>2</sup> e tem em sua extensão total uma área de 4500 m<sup>2</sup>.

A casa MM é organizada pelo cruzamento de dois eixos perpendiculares em um único andar térreo. Em um dos eixos há a volumetria horizontal da casa, com sua cobertura verde que eleva a grama do terreno e funde o entorno com a construção.

Seu principal objetivo de ser elaborada desta forma, usando a tecnologia do telhado verde, é o clima predominante do local, em sua totalidade tem a ventilação como prioridade usando portas camarão de madeira que podem ser inteiramente abertas e filtram a entrada de luz natural para o interior da residência.

Neste caso em questão, o telhado verde funciona especificamente como isolante térmico, tendo como principal objetivo proporcionar maior estabilidade na temperatura no decorrer do dia e da noite. Onde as temperaturas mais altas no decorrer da noite (quando se compara com os demais sistemas) e mais amenas no decorrer do dia.

Portando podemos concluir que este estudo teve como embasamento a finalidade específica do telhado verde em funcionalidade específica, buscando sempre o maior conforto que se pode alcançar com a engenharia em sua visão sustentável.

Figura 13 MM House / Studio Mk27 – Vista Lateral



Fonte: (MOTTA, 2013)

Figura 14 MM House / Studio Mk27 – Vista Frontal



Fonte: (MOTTA, 2013)

#### 4.2 MORRO DA BABILONIA, ZONA SUL, RJ

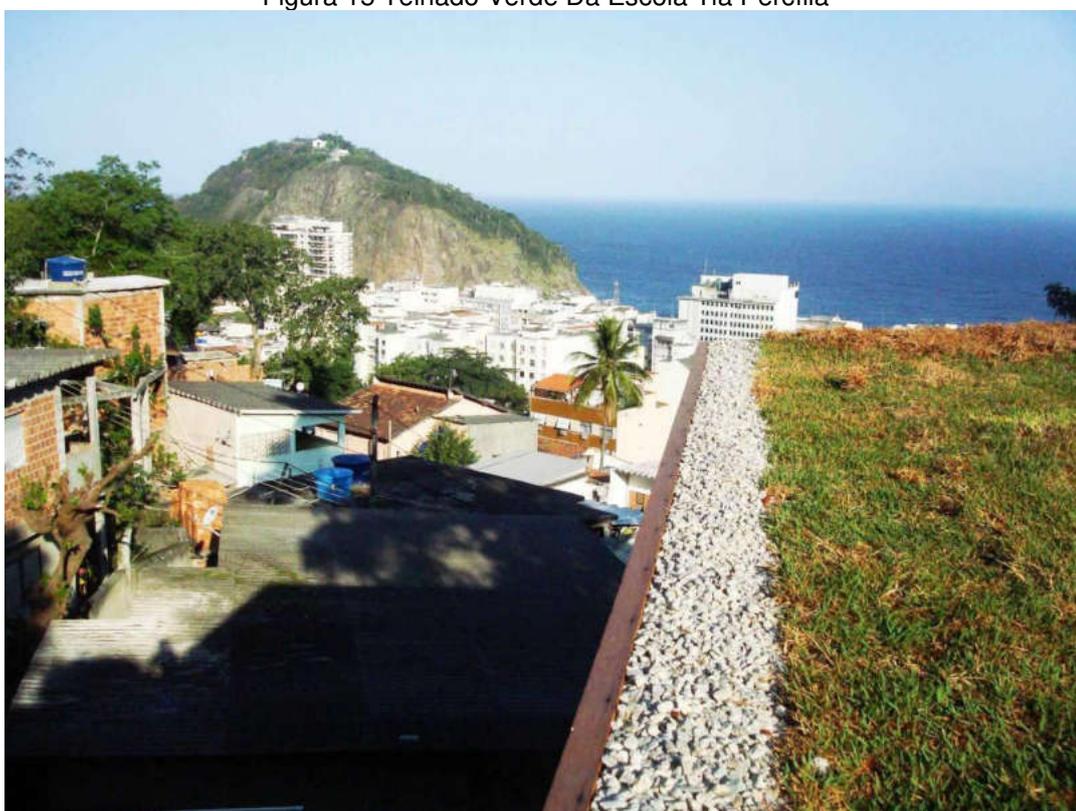
Tendo como objetivo a captação de água na escolinha Tia Percília, localizado na Comunidade da Babilônia, no bairro do Leme-RJ, através da construção da cobertura verde, realizada pelo instituto de tecnologia intuitiva e Bio-Arquitetuta – TIBA, em 2008, este estudo de caso visa demonstrar a metodologia construtiva do telhado verde da escola, situado numa região de baixos padrões de saneamento básico. Portanto, visando melhores condições de vida para as pessoas que utilizam do espaço, foi implantado o sistema, de maneira que, além de captar a água e armazenar numa cisterna, passa pelo processo de filtragem natural, realizado pelo telhado.

Tendo como principal problemática a falta de planejamento urbano situado na localidade, acarretando a má qualidade de saneamento básico, o Instituto teve como principal desafio fornecer condições adequadas a edificação, com baixo custo de construção e manutenção. A partir destas condições, foi implantado o telhado verde, atendendo à captação de água pluvial e filtro biológico com pedra, areia, carvão e biomassa. Para armazenagem, foi utilizado um reservatório de 3000 litros, onde é depositado água potável, sem cloro e naturalmente mineralizada (TIBA, 2008).

O telhado foi aplicado na área da escola que corresponde ao refeitório, com aproximadamente 75m<sup>2</sup>, sobre a base de placas de madeira MDF. Além disso, foi construído em conjunto com um beiral de madeira, resistente a intempéries para confinamento do substrato e vegetação (GATTO, 2012).

Com objetivo de facilitar o escoamento de água, o telhado possui uma pequena inclinação, utilizando também um dreno composto por brita. Para a captação de água, foram feitas ligações nas tabeiras laterais, onde escoada filtrada e destina-se para o reservatório.

Figura 15 Telhado Verde Da Escola Tia Percília



Fonte: (TIBA, 2008).

É muito importante citar também a participação dos alunos na implantação deste projeto, que além de cooperar fisicamente, foram propulsores para a valorização ambiental na comunidade, incentivando e avaliando o funcionamento dos recursos aplicados, conforme a imagem a seguir.

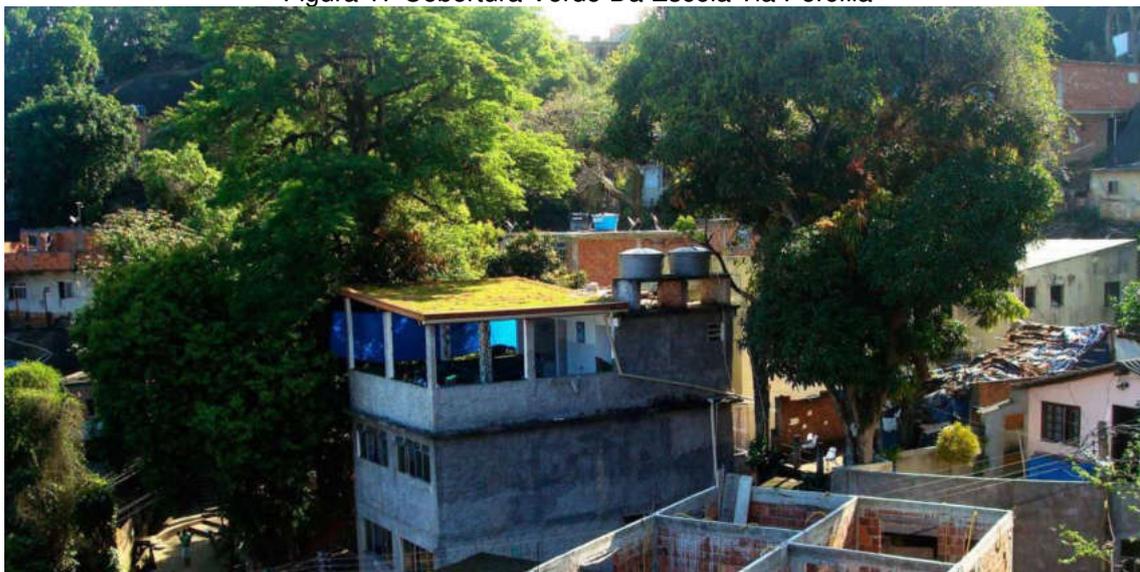
Figura 16 Participação Popular Na Implantação Do Telhado Verde



Fonte: (TIBA, 2008).

Busca-se aqui ressaltar através deste estudo de caso, mais um dos inúmeros benefícios abordados sobre o uso do telhado verde, ou seja, além da captação de água da chuva, o reuso desta através do armazenamento e filtragem da mesma, realizado pela própria cobertura.

Figura 17 Cobertura Verde Da Escola Tia Percília



Fonte: (TIBA, 2008).

### 4.3 INCENTIVOS GOVERNAMENTAIS

Afirma-se que, diante todos os benefícios apresentados neste projeto de pesquisa, pode-se citar a grande valorização social que os telhados verdes têm ganhado com o passar dos anos, com o aumento do conhecimento desta tecnologia, bem como o aumento de mão-de-obra especializada.

Nota-se que ultimamente tem havido grandes ações governamentais no sentido de práticas de cuidado ambiental, principalmente no que tange incentivos fiscais, certificações e selos de sustentabilidade, como no caso das Leis nº 235/2012 de Goiânia (GO), 6793/2010 de Guarulhos (SP), ou 913/2015 de Santos (SP).

Neste contexto, em específico para o caso do telhado verde, é possível citar o caso de Recife (PE), que criou a Lei Municipal nº 18.112/2015, que

Dispõe 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.

Essa Lei trata da obrigatoriedade da instalação do telhado verde para aprovação de projeto nos casos de edifícios habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos, e não habitacionais com área superior a 400m<sup>2</sup> de área coberta.

## 5 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

### 5.1 TELHADO DE TELHA CERÂMICA TIPO CAPA E CANAL

Para entendermos a tabela, os componentes são a mão de obra ou material utilizado, tem-se a unidade de cada material ou serviço na segunda coluna. O consumo e um coeficiente referente a quantidade de material ou serviço realizado por m<sup>2</sup> disponibilizado na tabela da IOPEs de julho de 2019. Multiplicando o preço unitário disponibilizado na IOPEs pelo consumo, teremos o valor total de um determinado serviço ou material por m<sup>2</sup>.

Tabela 3 Resultados Para O Custo Do Telhado Cerâmico Tipo Capa E Canal

<b>SERVIÇO</b>	<b>Unid</b>	<b>Subtotal</b>
<i>LAJE PRÉ-FABRICADA TRELIÇADA</i>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>R\$ 68,57</b>
<i>AMADEIRAMENTO</i>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>R\$ 152,07</b>
<i>COBERTURA COM TELHA CERÂMICA TIPO CAPA E CANAL</i>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>R\$ 85,74</b>
	<b>Total:</b>	<b>R\$ 306,38</b>

Fonte: (IOPEs, julho de 2019. ELABORADO PELOS AUTORES, 2019).

### 5.2 TELHADO VERDE

Para entendermos a tabela, os componentes são a mão de obra ou material utilizado, tem-se a unidade de cada material ou serviço na segunda coluna. O consumo e um coeficiente referente a quantidade de material ou serviço realizado por m<sup>2</sup> disponibilizado na tabela da IOPEs. Multiplicando o preço unitário disponibilizado na IOPEs pelo consumo, teremos o valor total de um determinado serviço ou material por m<sup>2</sup>.

Tabela 4 Resultados Calculados Para O Custo Do Telhado Verde

<i>SERVIÇO</i>	<i>Unid</i>	<i>Subtotal</i>
<i>LAJE PRÉ-FABRICADA TRELIÇADA</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>R\$ 68,57</i>
<i>IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA ASFALTICA</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>R\$ 180,25</i>
<i>CAMADA DE BRITA 1 E 2 (CAMADA DE DRENAGEM)</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>R\$ 103,95</i>
<i>MANTA GEOTEXTIL</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>R\$ 38,13</i>
<i>FORNECIMENTO E PLANTIO DE GRAMA, INCLUSIVE FORNECIMENTO DE TERRA VEGETAL</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>R\$ 14,32</i>
	<b><i>Total:</i></b>	<b><i>R\$ 405,22</i></b>

Fonte: (IOPES, julho de 2019. ELABORADA PELOS AUTORES, 2019).

### 5.3 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Para análise de custo, foi feita uma comparação direta entre os valores obtidos para cada uma das coberturas, e cada exemplo de estudo de caso realizamos um comparativo entre telhado verde e o telhado cerâmico tipo capa e canal.

Tabela 5 COMPARAÇÃO DE CUSTO DE CADA TELHADO

<i>Coberturas</i>	<i>Custo total (R\$)</i>	<i>Percentual %</i>
<i>Telhado verde</i>	<b><i>R\$ 405,22</i></b>	<b><i>100,00</i></b>
<i>Telhado de telha cerâmica tipo capa e canal</i>	<b><i>R\$ 306,38</i></b>	<b><i>75,61</i></b>

Fonte: (IOPES, julho de 2019. ELABORADA PELOS AUTORES, 2019).

O Telhado verde teve um valor final mais elevado em relação ao telhado de telha cerâmica tipo capa e canal. Em relação aos custos o telhado de telha cerâmica tipo capa e canal apresenta o menor custo para execução, sendo o telhado verde 32,26% superior em relação ao telhado tipo capa e canal.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização deste estudo, garante-se que o telhado verde é um sistema eficaz para os problemas ambientais que a sociedade enfrenta diariamente. Os impactos ambientais causados pelo crescimento dos grandes centros urbanos contribuem para o aquecimento global, enchentes, ilhas de calor, dentre outros.

Tendo em vista os dados supracitados no projeto de pesquisa, ao escolher o tipo de cobertura a ser implantado, deve-se considerar custo x benefício, visto que, além de contribuir no impacto ambiental da cidade e na construção civil, nota-se a proporção de maior conforto térmico, acústico, o escoamento da água da chuva, além de ser mais eficaz para captação desta. Além disso, cita-se os incentivos do governo, principalmente na redução da carga tributária, podendo desonerar os custos de implantação desse sistema.

Ressalta-se que além de todas as vantagens, é de extrema importância o estudo estrutural para a aplicação deste recurso, visto que, caso contrário, pode ser propenso a outros problemas, como infiltração e sobrecargas estruturais.

Além disso, o estudo apresentou inúmeras vantagens em relação aos telhados cerâmicos tipo capa e canal, porém, o custo elevado pode se tornar um dos principais empecilhos para sua implementação. Conforme o levantamento de custo, o telhado verde extensivo verificou-se que o maior custo é R\$ 405,22 (quatrocentos e cinco reais e vinte e dois centavos) por metro quadrado, cerca de 32,26% mais caro que o telhado que utiliza telha cerâmica, que apresentou um custo de R\$ 306,38 (trezentos e seis reais e trinta e oito centavos), por metro quadrado.

Um importante fator a ser observado está no que tange ao conforto térmico, visto que a solução de telhado verde apresenta uma variação menor de temperatura durante o dia, conforme gráfico 2. Na comparação com outros tipos de telhados vimos que a temperatura interna do ambiente mantém-se estável com o passar do dia, enquanto os demais telhados apresentados tem elevadas variações da temperatura interna, como apresentado no gráfico 3.

Outro importante fator é a valorização do emprego desta técnica construtiva, visto que, por mais que o valor de implantação seja um pouco maior, os benefícios torna-se mais vantajoso, e acessível à todos os seguimentos, conforme demonstrado no estudo de caso na Comunidade do Leme – RJ, até mesmo pela possibilidade de aplicação de diversos tipos de materiais.

Conforme o referencial teórico, foi possível notar que, além das vantagens apresentadas, observou-se também uma valorização imobiliária agregada aos edifícios que possuem tal recurso, visto que é propulsor de uma boa estética e também de uma área social verde, em minoria nas cidades. Portanto, afirma-se que, independente do custo da implantação do telhado verde ser maior que o telhado cerâmico tipo capa e canal, todos os benefícios apresentados compõem motivos suficientes para elaboração deste.

O telhado verde é visto como uma solução parcial para vários problemas ambientais comuns nas grandes cidades, ele ajuda na redução da poluição, melhora a qualidade do ar, reduz os efeitos das ilhas de calor, diminui a poluição sonora, além de ser uma iniciativa sustentável eficiente na busca por mais espaços verdes nos centros urbanos. Em países de clima tropical, como o Brasil, o conceito existe há muitas décadas, porém sua viabilização mostrou-se muito difícil no passado. Hoje, com o aquecimento global, o aumento das ilhas de calor e a degradação ambiental, o assunto vem ganhando maior atenção do poder público, das empresas privadas e dos cidadãos.

Para sensibilizar a sociedade e exigir do poder público a implantação de legislação federal que regulamente a utilização dos telhados verdes, foi fundada a Associação Telhado Verde Brasil, tendo como diretor o engenheiro João Manuel Linck Feijó, da Ecotelhados.

Para tanto, em trabalhos futuros sugere-se a realização de um estudo a longo prazo de economia de energia que esse sistema propicia, bem como o isolamento termo acústico, para que se torna ainda mais evidente e importância deste eficaz recurso técnico.

## REFERÊNCIAS

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.

BALDESSAR, Silvia M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR PPGCC, 2012.

BERNDTSSON, J. C. **Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: a review**. Ecological Engineering v. 36, p. 351-360, 2010.

BEYER, P. O. **Relatório técnico: Medição do desempenho térmico de ecotelhas. Laboratório de Vapor e Refrigeração**. Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

BRANDIMILLER, Tatiana Urbanovik. **Programa de Regularização Fundiária Sustentável de Assentamentos Irregulares de São Bernardo do Campo: avanços e desafios ao processo de regularização fundiária no âmbito da política habitacional municipal**. Monografia (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, no136, 17 de julho de 2002. Seção I, p.95-96. Disponível em: <[https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/36\\_09102008030504.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/36_09102008030504.pdf)>. Acesso em: Junho de 2019.

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

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. **Telhado Verde: redução e retardo do escoamento superficial.** Revista de Estudos Ambientais, v. 14, n. 2, edição especial, p. 50-56, 2012.

D'ELIA, Renata. **Telhado Verde. Coberturas verdes projetadas no Brasil oferecem sistemas diferenciados para proporcionar conforto térmico colaborando com o meio ambiente.** Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/148/artigo144157-3.asp>. Acesso em: Junho de 2019.

DI GIOVANNI, Rodrigo; CRUZ, Taison Assis da. **Telhado verde: estudo de caso.** 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, 2010.

DUNNETT N, NAGASE A, BOOTH R, GRIME P. **Vegetation composition and structure significantly influence green roof performance,** 2008.

ECOTELHADO. **Telhado verde ecológico/ teto verde.** Disponível em: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/>. Acesso em: novembro de 2019.

EDITORA PINI LTDA, **Sustentabilidade nas obras e nos Projetos: Questões práticas para profissionais e empresas.** São Paulo: Pini, 1 Edição, julho/2012;

FACHIN, Odília. Fundamentos de metodologia. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

GASI, T. M. T.; FERREIRA, E. **Produção mais limpa.** In: VILELA. JR, A., DEMAJOROVIC, J., (Orgs). Gestão Ambiental: desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: Senac, 2006.

GATTO, C. M. **Coberturas Verdes: A importância da estrutura e da impermeabilização utilizada.** 2012. 156f. Mestrado em ambiente construído. Universidade federal de Juiz de Fora – Pós graduação em arquitetura e urbanismo.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2005.

IGRA. International Green Roof Association. **Green Roof Types, 2015**. Disponível em: [http://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/index.php](http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php). Acesso em: Maio de 2019.

INSERRA, F. **Arquitetura em cena: A história dos jardins**. 2016. Disponível em: < <https://cenasetblog.wordpress.com/2016/09/29/a-historia-dos-jardins/>> Acesso em : 9 de novembro de 2019.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2006.

Le Coubusier. **Por uma arquitetura**. 7ª. ed. atual: Perspectiva, 2014.

LEI MUNICIPAL. LEI COMPLEMENTAR nº 235, de 28 de dezembro de 2012. **Institui o programa IPTU verde no município de Goiânia**. Lei de Telhado Verde , GOIÂNIA, 28 dez. 2012. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/go/g/goiania/lei-complementar/2012/23/235/lei-complementar-n-235-2012-institui-o-programa-iptu-verde-no-municipio-de-goiania>. Acesso em: 10 nov. 2019.

LEI MUNICIPAL. LEI nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015. **Dispõe 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**. Lei de Telhado Verde , Recife. 2 jan. 2015. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1811/18112/lei-ordinaria-n-18112-2015-dispoe-sobre-a-melhoria-da-qualidade-ambiental-das-edificacoes-por-meio-da-obrigatoriedade-de-instalacao-do-telhado-verde-e-construcao-de-reservatorios-de-acumulo-ou-de-retardo-do-escoamento-das-aguas-pluviais-para-a-rede-de-drenagem-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 9 nov. 2019.

LEI MUNICIPAL. Lei Complementar nº 913, de 21 de dezembro de 2015. **Concede incentivo fiscal à implantação de "coberturas verdes" nos edifícios do município, e dá outras providências.** São Paulo. 21 dez. 2015. Disponível em: <https://egov.santos.sp.gov.br/legis/document/?code=5727>. Acesso em: 10 nov. 2019.

LEI MUNICIPAL. PROJETO DE LEI nº 6793, de 28 de novembro de 2010. **Dispõe sobre o lançamento, arrecadação e fiscalização do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU e dá outras providências.** São Paulo. 28 nov. 2010. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/g/guarulhos/lei-ordinaria/2010/680/6793/lei-ordinaria-n-6793-2010-dispoe-sobre-o-lancamento-arrecadacao-e-fiscalizacao-do-imposto-sobre-a-propriedade-predial-e-territorial-urbana-iptu-e-da-outras-providencias?q=6.793%2F2010+>. Acesso em: 10 nov. 2019.

LORA, Electo Eduardo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industriais e de transporte.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MM House / Studio MK27 – Marcio Kogan + Maria Cristina Motta. **MM House / Studio MK27 – Marcio Kogan + Maria Cristina Motta.** 2013. ArchDaily Brasil. Disponível em: < [https://www.archdaily.com.br/br/01-136578/mm-house-slash-studio-mk27-marcio-kogan-plus-maria-cristina-motta?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com.br/br/01-136578/mm-house-slash-studio-mk27-marcio-kogan-plus-maria-cristina-motta?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user)> Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

MELLO, A.C. M. **Produção Mais Limpa: Estudo de Caso na AGCO do Brasil.** Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

MINKE, G. **Techos verdes - Planificación, ejecución, consejos prácticos.** Uruguay: Editora Fin de Siglo, 2005.

MINKE, Gernot. **Tectos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos.** Editorial Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay, 2004.

NASCIMENTO, W. C. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba – barreiras e potencialidades**. 2008. 181f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná.

NETO, A. C. O. **Cobertura verde: estudo de caso no município de São José Dos Campos – SP**. 2014. 91f. Trabalho de Graduação do Curso em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - Universidade Estadual Paulista.

NETO, P. S. G. **Telhado verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil**. 2012. 168f. Projeto de graduação ao curso engenharia civil. Universidade federal do Rio de Janeiro.

OHNUMA JR. A. A.; ALMEIDA NETO, P; MEDIONDO, E. M. **Análise da retenção hídrica em telhados verdes a partir da eficiência do Coeficiente de escoamento**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 2, p. 41-52. 2014.

OHNUMA, A. A. **Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. 2008. Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

OSMUNDSON, T. **ROOF GARDENS: HISTORY, DESIGN AND CONSTRUCTION**. 1ª ed. WW Norton e Company, 1999.

PÁDUA, José Augusto. **Em busca de uma economia ecológica**. São Paulo, 23 maio 2007. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/colunas/jose-augusto-padua/17233-oeco-22130/> >. Acesso em: Maio de 2019.

PALLA, Anna; GNECCO, Ilaria; LANZA, Luca. G. **Hydrologic restoration in the urban environment using green roofs**. Water. Basel, v.2, 2010.

PAULO, R. F. **O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores do impacto ambiental**. 2010. P.173-189. Mestrando em Direito. Centro Universitário Eurípides de Marília. Belo Horizonte.

PENSAMENTO VERDE. **Quais as vantagens e desvantagens do telhado verde?** Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/quais-as-vantagens-e-desvantagens-do-telhado-verde/>. Acesso em: novembro de 2019.

REGIONAL TELHAS. **Informações importantes para manutenção de telhados**. Disponível em: <https://blog.regionaltelhas.com.br/informacoes-importantes-para-a-manutencao-de-telhados/>. Acesso em: dezembro de 2019.

ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REES, Stephanie. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 2 ed. Tradução Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SAVI, A.C. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. 2012. 125f. Monografia (Especialista em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, N.C. **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. 2011. 60f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SPANGENBERG, Jörg. **Melhoria do clima urbano nas metrópoles tropicais - Estudo de caso**. Disponível em: [http://www.basisid.de/site2006/science/01\\_Spangenberg\\_IMPROVEMENT%20OF%20URBAN%20MICROCLIMATE%20IN%20TROPICAL%20METROPOLIS.pdf](http://www.basisid.de/site2006/science/01_Spangenberg_IMPROVEMENT%20OF%20URBAN%20MICROCLIMATE%20IN%20TROPICAL%20METROPOLIS.pdf) . Acesso em: Maio de 2019.

SUSTENTARQUI. **6 exemplos de telhados verdes em Chicago**. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/6-exemplos-de-telhados-verdes-em-chicago/>. Acesso em: dezembro de 2019.

TELHADO VERDE DE VERDADE. **Sistema cidade jardim para telhados verdes**. Disponível em: < <https://institutocidadejardim.com.br/>> Acesso em: Dezembro de 2019.

TESKE, S. **Desenvolvimento de telha ecológica a partir de resíduo de gesso da construção**. 2014. 92f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade tecnológica federal do Paraná.

TOMAZ, P. **Cobertura Verde**. Curso de manuseio de águas pluviais. 2008. TOMAZ, Cobertura Verde. 2008. In: **Curso de manuseio de águas pluviais**. Capítulo 51, 2008.

UNIDO. **Cleaner production toolkit**. Introduction into cleaner production. Volume I. 2001.

UNIDO/UNEP. **Manual de avaliação de P+L**, traduzido por CNTL/SENAI. Porto Alegre, 1995.

VANWOERT, N. et al. **Green Roof Stormwater Retention: effects of roof surface, slope and media depth**. Journal of Environmental Quality, v. 34, n. 3, p. 1036- 1044, 2005.

VECCHIA, Francisco. **Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental**. Encac, Enlacac. Maceio, out. 2005. Disponível em: [http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121\\_COBERTURA\\_VERDE\\_LEVE\\_ENSAIO\\_EXPERIMENTAL.pdf](http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_COBERTURA_VERDE_LEVE_ENSAIO_EXPERIMENTAL.pdf) . Acesso em: Junho de 2019.

VENÂNCIO, H. **Minha Casa Sustentável: Guia para uma construção residencial responsável**. 2ª Edição. Vila Velha, 2011.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 96 p.

VXSEG. **Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira.** Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/18726200.pdf>. Acesso em: dezembro de 2019.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – TABELA DE CUSTO TELHADO CERÂMICO TIPO CAPA E CANAL

Item: 090101 - Estrutura de madeira de lei tipo Paraju, peroba mica, angelim pedra ou equivalente para telhado de telha cerâmica tipo capa e canal, com pontaletes, terças, caibros e ripas, inclusive tratamento com cupinicida, exclusive telhas									Unidade: m2
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 2		
<b>MÃO DE OBRA</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
AJUDANTE (LABOR)	H	'010101	1,8	1	5,67	0	12,95	-	23,31
CARPINTEIRO (LABOR)	H	'010111	1,5	1	6,72	0	15,34	-	23,01
PINTOR (LABOR)	H	'010140	0,46	1	6,72	0	15,34	-	7,056
<b>SubTotal:</b>									<b>53,38</b>
<b>MATERIAL</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
PEÇA EM MADEIRA DE LEI 8.0 X 8.0 CM (LABOR)	M	'021040	0,9	1	20,27	0	20,27	-	18,243
PEÇA EM MADEIRA DE LEI 5.0 X 10.0 CM (APARELHADA) (LABOR)	M	'021041	1,83	1	22,77	0	22,77	-	41,669
RIPA EM MADEIRA DE LEI 1.5 X 5.0 CM (LABOR)	M	'021060	2,24	1	5,16	0	5,16	-	11,558
PREGO - PRECO MEDIO DAS BITOLAS (LABOR)	KG	'026560	0,12	1	7,72	0	7,72	-	0,926
IMUNIZANTE PARA MADEIRA (LABOR)	L	'038030	0,76	1	34,6	0	34,6	-	26,296
<b>SubTotal:</b>									<b>98,69</b>
<b>Total</b>									<b>152,07</b>
Item: 040602 - Laje pré-fabricada treliçada, sobrecarga 300 Kg/m2, vão de 3.5m a 4.3m, capeamento 4cm, esp. 12cm, Fck = 150 Kg/cm2									Unidade: m2
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 3		
<b>MÃO DE OBRA</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
PEDREIRO (LABOR)	H	'010139	0,37	1	6,72	0	15,34	-	5,676
SERVEANTE (LABOR)	H	'010146	0,74	1	4,94	0	11,28	-	8,347
<b>SubTotal:</b>									<b>14,02</b>
<b>MATERIAL</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
AREIA LAVADA MEDIA (LABOR)	M3	'020503	0,0299	1	66,6	0	66,6	-	1,991
CIMENTO PORTLAND CP III - 40 (LABOR)	KG	'020508	16,33	1	0,34	0	0,34	-	5,552
BRITA 1 (LABOR)	M3	'020517	0,0126	1	64,62	0	64,62	-	0,814
BRITA 2 (LABOR)	M3	'020518	0,0295	1	64,62	0	64,62	-	1,906
SARRAFO DE MADEIRA 10.0X2.5CM (LABOR)	M	'020985	0,67	1	5,85	0	5,85	-	3,92
TABUA DE MADEIRA 2.5X30CM (TAIPA DE 1ª) (LABOR)	M2	'020987	0,189	1	20,62	0	20,62	-	3,897
PONTALETE DE MADEIRA BRUTA DE 3ª 8.0 X 8.0 CM (LABOR)	M	'021009	1,13	1	4,33	0	4,33	-	4,893
ACO CA-50 DE 6.3MM (LABOR)	KG	'021516	0,3	1	4,13	0	4,13	-	1,239
LAJE PRE-FABRICADA TRELIÇADA H= 8CM - SOBRECARGA 300 KG/M2 - PARA PISO - EXCLUSIVE CAPEAMENTO (LABOR)	M2	'022002	1	1	29,33	0	29,33	-	29,33
PREGO 18X27 (LABOR)	KG	'026569	0,03	1	7,08	0	7,08	-	0,212
<b>SubTotal:</b>									<b>53,75</b>
<b>EQUIPAMENTO</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
BETONEIRA 320 L (E301) (LABOR)	H	'080125	0,0343	1	23,43	13,18	23,43	-	0,804
<b>SubTotal:</b>									<b>0,8</b>
<b>Total</b>									<b>68,57</b>
Item: 090212 - Cobertura nova de telhas cerâmicas tipo capa e canal inclusive cumeeiras (telhas compradas na fábrica, posto obra)									Unidade: m2
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 2		
<b>MÃO DE OBRA</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
AJUDANTE (LABOR)	H	'010101	2,655	1	5,67	0	12,95	-	34,382
TELHADISTA (LABOR)	H	'010150	2,05	1	6,72	0	15,34	-	31,447
<b>SubTotal:</b>									<b>65,83</b>
<b>MATERIAL</b>	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr. Improd.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
AREIA LAVADA MEDIA (LABOR)	M3	'020503	0,0002	1	66,6	0	66,6	-	0,013
CIMENTO PORTLAND CP III - 40 (LABOR)	KG	'020508	0,086	1	0,34	0	0,34	-	0,029
TELHA CERAMICA TIPO CAPA E CANAL PLAN - NATURAL (LABOR)	M2	'025568	1	1	19,4	0	19,4	-	19,4
CUMEEIRA CERAMICA TIPO CAPA E CANAL NAT - FABRICA (LABOR)	UN	'025570	0,3	1	1,55	0	1,55	-	0,465
<b>SubTotal:</b>									<b>19,91</b>
<b>Total</b>									<b>85,74</b>

## APÊNDICE B – TABELA DE CUSTO TELHADO VERDE EXTENSIVO

Item: 040602 - Laje pré-fabricada treliçada, sobrecarga 300 Kg/m2, vão de 3.5m a 4.3m, capeamento 4cm, esp. 12cm, Fck = 150 Kg/cm2									Unidade: m2
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 3		
<b>MÃO DE OBRA</b>	<b>Unid</b>	<b>Código</b>	<b>Coefic.</b>	<b>C. Prod.</b>	<b>Pr. Prod.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Pr. Unit.</b>	<b>Fator Ac.</b>	<b>Subtotal</b>
PEDREIRO (LABOR)	H	'010139	0,37	1	6,72	0	15,34	-	5,676
SERVENTE (LABOR)	H	'010146	0,74	1	4,94	0	11,28	-	8,347
<b>SubTotal:</b>									<b>14,02</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>Unid</b>	<b>Código</b>	<b>Coefic.</b>	<b>C. Prod.</b>	<b>Pr. Prod.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Pr. Unit.</b>	<b>Fator Ac.</b>	<b>Subtotal</b>
AREIA LAVADA MEDIA (LABOR)	M3	'020503	0,0299	1	66,6	0	66,6	-	1,991
CIMENTO PORTLAND CP III - 40 (LABOR)	KG	'020508	16,33	1	0,34	0	0,34	-	5,552
BRITA 1 (LABOR)	M3	'020517	0,0126	1	64,62	0	64,62	-	0,814
BRITA 2 (LABOR)	M3	'020518	0,0295	1	64,62	0	64,62	-	1,906
SARRAFO DE MADEIRA 10.0X2.5CM (LABOR)	M	'020985	0,67	1	5,85	0	5,85	-	3,92
TABUA DE MADEIRA 2.5X30CM (TAIPA DE 1ª) (LABOR)	M2	'020987	0,189	1	20,62	0	20,62	-	3,897
PONTALETE DE MADEIRA BRUTA DE 3ª 8.0 X 8.0 CM (LABOR)	M	'021009	1,13	1	4,33	0	4,33	-	4,893
ACO CA-50 DE 6.3MM (LABOR)	KG	'021516	0,3	1	4,13	0	4,13	-	1,239
LAJE PRE-FABRICADA TRELIÇADA H= 8CM - SOBRECARGA 300 KG/M2 - PARA PISO - EXCLUSIVE CAPEAMENTO (LABOR)	M2	'022002	1	1	29,33	0	29,33	-	29,33
PREGO 18X27 (LABOR)	KG	'026569	0,03	1	7,08	0	7,08	-	0,212
<b>SubTotal:</b>									<b>53,75</b>
<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>Unid</b>	<b>Código</b>	<b>Coefic.</b>	<b>C. Prod.</b>	<b>Pr. Prod.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Pr. Unit.</b>	<b>Fator Ac.</b>	<b>Subtotal</b>
BETONEIRA 320 L (E301) (LABOR)	H	'080125	0,0343	1	23,43	13,18	23,43	-	0,804
<b>SubTotal:</b>									<b>0,8</b>
<b>Total</b>									<b>68,57</b>
Item: 100208 - Índice de imperme.c/ manta asfáltica atendendo NBR 9952, asfalto polimerizado esp.3mm, reforç.c/ filme int. polietileno, regul. base c/ arg.1:4 esp.mín.15mm, proteção mec. arg.1:4 esp.20mm e juntas dilat.									Unidade: m2
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 1		
<b>MATERIAL</b>	<b>Unid</b>	<b>Código</b>	<b>Coefic.</b>	<b>C. Prod.</b>	<b>Pr. Prod.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Pr. Unit.</b>	<b>Fator Ac.</b>	<b>Subtotal</b>
MANTA ASFALTICA 3MM TIPO III - APP (AREIA/POLIESTER/POLIESTER) NBR 9952, INCL. ARG. REGULAR. E PROTECAO (LABOR)	M2	'024130	1	1	180,25	0	180,25	-	180,25
<b>SubTotal:</b>									<b>180,25</b>
Item: 200306 - Fornecimento e espalhamento de brita 1 ou 2									Unidade: m3
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 2		
<b>MÃO DE OBRA</b>	<b>Unid</b>	<b>Código</b>	<b>Coefic.</b>	<b>C. Prod.</b>	<b>Pr. Prod.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Pr. Unit.</b>	<b>Fator Ac.</b>	<b>Subtotal</b>
SERVENTE (LABOR)	H	'010146	3,2	1	4,94	0	11,28	-	36,096
<b>SubTotal:</b>									<b>36,1</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>Unid</b>	<b>Código</b>	<b>Coefic.</b>	<b>C. Prod.</b>	<b>Pr. Prod.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Pr. Unit.</b>	<b>Fator Ac.</b>	<b>Subtotal</b>
BRITA 1 E 2 (MEDIA) (LABOR)	M3	'020571	1,05	1	64,62	0	64,62	-	67,851
<b>SubTotal:</b>									<b>67,85</b>
<b>Total</b>									<b>103,95</b>

Item: 200306 - Fornecimento e aplicação de manta geotextil								Unidade: m3	
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 2		
MÃO DE OBRA	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
SERVENTE (LABOR)	H	'010146	3,2	1	4,94	0	11,28	-	36,096
<b>SubTotal:</b>									<b>36,1</b>
MATERIAL	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
MANTA GEOTEXTIL DE POLIESTER BIDIM RT-16 (LABOR)	M2	'024029	0,36	1	5,63	0	5,63	-	2,027
<b>SubTotal:</b>									<b>2,027</b>
<b>Total</b>									<b>38,127</b>
Item: 200326 - Fornecimento e plantio de grama em placas tipo esmeralda, inclusive fornecimento de terra vegetal								Unidade: m2	
Base: LABOR			Código	Fonte: LABOR			Versão: 1		
MÃO DE OBRA	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
AJUDANTE (LABOR)	H	'010101	0,196	1	5,67	0	12,95	-	2,538
<b>SubTotal:</b>									<b>2,54</b>
MATERIAL	Unid	Código	Coefic.	C. Prod.	Pr. Prod.	Pr.	Pr. Unit.	Fator Ac.	Subtotal
GRAMA EM PLACAS TIPO ESMERALDA (LABOR)	M2	'038509	0,9	1	6,76	0	6,76	-	6,084
TERRA VEGETAL (LABOR)	M3	'038511	0,075	1	76	0	76	-	5,7
<b>SubTotal:</b>									<b>11,78</b>
<b>Total</b>									<b>14,32</b>