



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ  
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA – UNIFOR  
VICE-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO – VRPG  
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS DA CIDADE - MPCC**

**ELTON REBOUÇAS PEREIRA**

**A IMPLEMENTAÇÃO DO TELHADO VERDE COMO MÉTODO COMPENSATÓRIO  
AOS EFEITOS DA OCUPAÇÃO INADEQUADA DAS CIDADES PELA  
INEFICIÊNCIA DO PLANEJAMENTO URBANO: UMA AVALIAÇÃO NO  
MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA**

**2018**

ELTON REBOUÇAS PEREIRA

**A IMPLEMENTAÇÃO DO TELHADO VERDE COMO MÉTODO COMPENSATÓRIO  
AOS EFEITOS DA OCUPAÇÃO INADEQUADA DAS CIDADES PELA  
INEFICIÊNCIA DO PLANEJAMENTO URBANO: UMA AVALIAÇÃO NO  
MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE**

Trabalho apresentado como requisito para  
obtenção de título de mestre no Mestrado  
Profissional em Ciências da Cidade.

Área de concentração: Ciências da Cidade  
Linha de pesquisa: Planejamento, gestão e  
relações sociais da cidade.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Flora Mendes Araujo Lima

FORTALEZA

2018

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca Central da Universidade de Fortaleza

---

Pereira, Elton.

A implementação do telhado verde como método compensatório aos efeitos da ocupação inadequada das cidades pela ineficiência do planejamento urbano:: Uma avaliação no município de Fortaleza-CE / Elton Pereira. - 2018  
71 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade de Fortaleza. Programa de Mestrado Profissional Em Ciências Da Cidade, Fortaleza, 2018.

Orientação: Flora Lima.

1. Planejamento Urbano. 2. Telhado Verde. I. Lima, Flora .  
II. Título.

---

**ELTON REBOUÇAS PEREIRA**

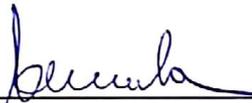
**A IMPLEMENTAÇÃO DE TELHADO VERDE COMO MÉTODO  
COMPENSATÓRIO AOS EFEITOS DA OCUPAÇÃO INADEQUADA DAS CIDADES  
PELA INEFICIÊNCIA DO PLANEJAMENTO URBANO: UMA AVALIAÇÃO NO  
MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CE**

**BANCA EXAMINADORA**



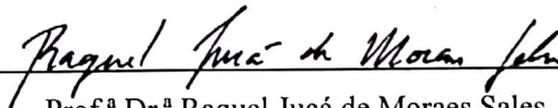
---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Flora Mendes Araújo Lima  
Universidade de Fortaleza – UNIFOR



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria das Vitórias Vieira Almeida de Sá  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Jucá de Moraes Sales  
Universidade de Fortaleza – UNIFOR

Aprovada: 26 / 10 / 2018

Dedico este trabalho aos meus pais, pois sem eles não conseguiria chegar onde cheguei, fruto de muito trabalho, amor e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a cima de tudo a Deus, pois nos momentos mais difíceis sua presença me fortaleceu e me ajudou a seguir em frente.

Aos meus pais Vicente e Erineide e aos meus irmãos Jannsen, Jeanne e Vicente Filho, pelo incentivo em iniciar o mestrado e compreensão pelos momentos de ausência no período desta caminhada.

A minha esposa Ylana, pelo sacrifício em compartilhar as dificuldades, pelo seu apoio incondicional e pela alegria em ter me presenteado no período deste mestrado com a maior de todas as nossas riquezas, nosso filho Caio.

Ao meio filho Caio, pois sua chegada se deu em um momento especial e a cada dia sua presença renovava minha vontade de vencer.

A minha orientadora Flora Mendes, pela paciência, delicadeza e disponibilidade em orientar a elaboração deste trabalho.

Aos professores e colegas de mestrado, pelos momentos especiais de convívio e troca de experiências.

*“Se algum dia vocês forem surpreendidos pela injustiça ou pela ingratidão, não deixem de crer na vida, de engrandecê-la pela decência, de construí-la pelo trabalho.”*

Edson Queiroz

## RESUMO

A história do mundo mostra que a construção civil surgiu para atender as necessidades básicas e imediatas do homem, porém o planejamento das cidades não acompanhou este avanço. É relevante o papel da ocupação humana nas cidades, concentrando e adensando demograficamente espaços urbanos despreparados para este aporte. As construções dentro deste contexto, utilizam metodologias e procedimentos de épocas em que os impactos ecológicos não eram observados. O planejamento das cidades e suas construções, devem ser analisados dentro de um novo contexto, onde as necessidades e solicitações de convivência com o ambiente requerem novos procedimentos no uso do espaço habitado. A ocupação descontrolada do solo e a verticalização dos espaços, resultado da ineficiência do planejamento urbano, geram um aumento de serviços de infraestruturas que impermeabilizam grande parte do solo natural, desencadeando uma série de problemas urbanos que afetam a mobilidade e o bem-estar social da população. Desta forma, este trabalho tem como objetivo abordar as características da técnica do telhado verde, apresentando-o como alternativa na redução dos impactos gerados com a supressão de áreas verdes urbanas, ocasionado pela ineficiência do planejamento urbano nas cidades. A metodologia empregada, consistiu em pesquisas através de livros, monografias, dissertações de mestrado, teses de doutorado e artigos científicos, além de um estudo de caso no município de Fortaleza. Como resultado do trabalho, foi concluído que o telhado verde, se apresenta como uma alternativa eficiente para compensação da supressão de áreas verdes em centros urbanos, devido a sua vasta possibilidade de implantação mesmo em áreas com concentração de edificações verticalizadas, o que propicia ainda mais o reestabelecimento social, ambiental e econômico da região.

Palavras-chave: Telhado Verde; Planejamento Urbano; Cidades

## **ABSTRACT**

The history of the world shows that civil construction came to meet the basic and immediate needs of man, but the planning of cities did not follow this advance. The role of human occupation in cities is relevant, concentrating and demographically concentrating urban spaces unprepared for this contribution. Constructions within this context use methodologies and procedures from times when ecological impacts were not observed. The planning of cities and their constructions must be analyzed within a new context, where the needs and demands of coexistence with the environment require new procedures in the use of the inhabited space. The uncontrolled occupation of the ground and the verticalization of the spaces, as a result of the inefficiency of urban planning, generate an increase in infrastructure services that waterproof a large part of the natural soil, triggering a series of urban problems that affect the mobility and social well-being of population. In this way, this work aims to approach the characteristics of the green roof technique, presenting it as an alternative in reducing the impacts generated by the suppression of urban green areas, caused by the inefficiency of urban planning in the cities. The methodology used consisted of researched through books, monographs, master's dissertations, doctoral theses and scientific articles, as well as a case study in the city of Fortaleza. As a result of the work, it was concluded that the green roof is an efficient alternative to compensate for the suppression of green areas in urban centers, due to its wide possibility of implantation even in areas with concentration of verticalized buildings, which provides even more the social, environmental and economic reestablishment of the region.

Keywords: Green Roof; Urban Planning; Cities

## LISTA DE SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| PDDU    | Plano Diretor de Planejamento Urbano                  |
| OUC     | Operação Urbano Consorciada                           |
| INMET   | Instituto Nacional de Meteorologia                    |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística       |
| IGRA    | <i>International Green Roof Association</i>           |
| FUNCEME | Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos |

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Representação gráfica dos telhados verdes

FIGURA 2 – Templos Zigurates

FIGURA 3 – Templo de Vênus e Roma

FIGURA 4 – Gráfico comparativo: Volume de água no telhado verde x Tempo

FIGURA 5 – Antigo Jockey Clube de Fortaleza

FIGURA 6 – Divisão Jockey Clube de Fortaleza

FIGURA 7 – Resultado da OUC Jockey Clube

FIGURA 8 – Evolução da população rural e urbana no Brasil, período de 1950-2050

FIGURA 9 – Dados Climatológicos de Fortaleza/CE

FIGURA 10 – Bairros com pontos de maior incidência de alagamento em Fortaleza/CE

FIGURA 11 – Galeria da Rede de Drenagem de Fortaleza/CE

FIGURA 12 – Inundação do Sistema Viário de Fortaleza/CE

FIGURA 13 – Alagado construído

FIGURA 14 – Bioengenharia

FIGURA 15 – Jardim de chuva

FIGURA 16 – Muro Vegetal

FIGURA 17 – Pavimentos drenantes

FIGURA 18 – Telhado verde

FIGURA 19 – Telhado verde extensivo

FIGURA 20 – Telhados – Casas em Fortaleza

FIGURA 21 – Telhados – Edifícios em Fortaleza

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Classificação dos telhados verdes

TABELA 2 – Funções dos diferentes tamanhos de poros em substratos

TABELA 3 – Composição do substrato em telhados verdes

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>1 Problemática.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1.1 Justificativa.....</b>   | <b>15</b> |
| <b>1.2 Objetivos.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>1.2.1 Objetivo geral.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>1.3 Metodologia.....</b>   | <b>17</b> |
| <br>  |           |
| <b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>2.1 Telhado Verde.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>2.2 Classificação de Telhados Verdes.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>2.2.1 Telhado Verde Intensivo.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>2.2.2 Telhado Verde Semi-Intensivo.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>2.2.3 Telhado Verde Extensivo.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.3 Contexto Histórico.....</b>  | <b>22</b> |
| <b>2.4 Benefícios do telhado verde.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>2.4.1 Benefícios estéticos.....</b>  | <b>24</b> |
| <b>2.4.2 Produção de alimentos.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>2.4.3 Benefícios Econômicos.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>2.4.3.1 Vida útil da cobertura.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>2.4.3.2 Eficiência energética.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>2.4.4 Benefícios ambientais.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.4.4.1 Biodiversidade .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.4.4.2 Poluição atmosférica .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.4.4.3 Retenção e aproveitamento da água de chuva.....</b>  | <b>28</b> |
| <br>  |           |
| <b>3. ARTIGO 1: A INEFICIÊNCIA DO PLANEJAMENTO URBANO COMO<br/>CONTRIBUIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE ÁREAS VERDES: UMA ANÁLISE<br/>AVALIATIVA DA OPERAÇÃO URBANA CONSORCIADA DO JÓQUEI CLUBE<br/>DE FORTALEZA.....</b> | <b>31</b> |
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>31</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>OBJETIVO.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>METODOLOGIA.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>3.1 Operações Urbanas Consorciadas (OUC).....</b>  | <b>33</b> |
| <b>3.1.1 Operação Urbana Consorciada (OUC) – O caso Jóquei Clube de Fortaleza.....</b>  | <b>34</b> |
| <b>3.1.2 Redução de áreas verdes com a Operação Urbana Consorciada.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>38</b> |
| <br>  |           |
| <b>4. ARTIGO 2: A IMPLEMENTAÇÃO DOS TELHADOS VERDES COMO TÉCNICA EFICIENTE PARA MELHORIA DA DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE.....</b> | <b>40</b> |
| <b>INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>OBJETIVO.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>METODOLOGIA.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>4.1 O crescimento das cidades e a problemática da urbanização.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>4.2 Drenagem Urbana e a Sustentabilidade.....</b>  | <b>43</b> |
| <b>4.3 Análise da cidade de Fortaleza quanto a ineficiência do planejamento urbano.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>4.4 Infraestrutura verde como alternativa para redução dos efeitos nocivos da chuva.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>4.4.1 Técnicas compensatórias de infraestrutura verde .....</b>  | <b>49</b> |
| <b>4.5 Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana.....</b>   | <b>54</b> |
| <b>4.5.1 A influência da intensidade de chuva.....</b>  | <b>56</b> |
| <b>4.5.2 A influência do clima local.....</b>   | <b>56</b> |
| <b>4.5.3 A influência da declividade do telhado verde.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>4.5.4 A influência do substrato.....</b>   | <b>59</b> |
| <b>4.5.5 A influência da vegetação.....</b>   | <b>60</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>61</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>62</b> |
| <br>  |           |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>  | <b>69</b> |

## INTRODUÇÃO

O crescimento e o adensamento dos espaços urbanos, é algo inevitável e tem causado diversos danos ao ambiente natural e à qualidade ambiental das cidades.

Segundo Duarte (2000), a urbanização propriamente não é um mal, o problema é como construir e adensar as cidades. O homem sempre busca alterar o meio ambiente em função das suas necessidades socialmente definidas, e essas alterações mal conduzidas são a causa de muitos problemas no meio urbano.

A capacidade das cidades de alterar o clima local foi primeiramente identificada por Luke Howard em 1833 em seus estudos para a cidade de Londres (OKE, 1982). No decorrer dos anos, diversos estudos comprovaram estas alterações e identificaram um fenômeno que ficou conhecido como “Ilhas de Calor”.

As “Ilhas de Calor” correspondem a um fenômeno climático mais presente em cidades com alto desenvolvimento urbano. Estas cidades, costumam ter a temperatura média acima do padrão das cidades rurais circunvizinhas.

Além do aumento da temperatura, a urbanização diminui a umidade, modifica a direção dos ventos, aumenta o índice de pluviosidade e altera a composição química da atmosfera. Com isto, é previsto, que o clima pode se tornar mais rigoroso, prejudicando o conforto térmico dos habitantes das cidades, além de ocasionar diversas catástrofes ambientais, como o surgimento de tempestades, ressacas, tufões, e outros problemas decorrentes também destas mudanças climáticas.

Dentre as diversas transformações ocorridas no espaço urbano, a redução de áreas verdes, é uma das que contribui para alterar o clima da cidade. Para Romero (2001), as mudanças climáticas causadas pela urbanização, atribuem à própria cidade uma das responsabilidades pelo aquecimento, tendo como principal causa a substituição da vegetação por construções, que contribui para diminuir a umidade relativa do ar, devido à drenagem ou impermeabilização de áreas úmidas.

Uma das causas da formação de ilhas de calor na cidade, segundo Oke (1987), são as mudanças dos fluxos de energia solar que chegam à superfície do solo através de processos físicos, em especial as temperaturas da superfície e do ar. O crescente processo de urbanização verificado nas cidades contribui para as alterações observadas no clima, em especial em áreas pouco arborizadas e com maior densidade de construções.

Este trabalho apresenta alguns cenários em relação aos efeitos da ocupação inadequada, reflexo da ineficiência do planejamento urbano no município de Fortaleza, capital do estado do Ceará.

O telhado verde apresenta-se como proposta compensatória para problemática gerada pela redução das áreas verdes em Fortaleza, sendo uma técnica com características que mostram capacidade de reestabelecer parte do equilíbrio ambiental.

## **1. Problemática**

O Município de Fortaleza está classificado entre as maiores cidades do Brasil e como toda grande metrópole no país, o processo de desenvolvimento e a falta de planejamento urbano adequado tem reduzido de forma desenfreada as áreas verdes e conseqüentemente sua taxa de permeabilidade. Esta problemática tem desencadeado uma série de conseqüências ambientais, sociais e econômicas para a cidade.

A discussão em torno da temática de telhados verdes é muito atual e frequente. Cidades do Brasil tem abordado a temática por meio de projetos de lei que fomentam o uso de telhados verdes em novas edificações, como forma de amenizar parte dos danos causados em conseqüência da redução das áreas verdes e permeáveis.

### **1.1 Justificativa**

O aglomerado urbano tem crescido de forma exponencial. No início do século XXI, a população urbana representava 15% da população mundial e atualmente representa 54%, sendo que, no Brasil, a população em áreas urbanas ultrapassa 85%. (ONU, 2014). Para Tucci (1995), o desenvolvimento urbano das cidades aumenta as superfícies impermeabilizadas, tais como ruas, calçadas e telhados, o que acarreta em conseqüências para a cidade e para o meio ambiente, a redução da infiltração natural das águas pluviais e aumento das inundações.

O aumento da urbanização nos anos 60 até os dias atuais, juntamente com a arquitetura que se afastou da preocupação ambiental, tem ajudado a agravar os problemas nos centros urbanos. Corbella e Yannas (2003) afirmam que após a II

Guerra Mundial, com o combustível abundante e barato, os projetos arquitetônicos se afastaram da arquitetura bioclimática e foram adotadas soluções com maior consumo energético; entretanto, depois da primeira crise energética que impulsionou o aumento dos preços do petróleo em 1973, voltou-se a se preocupar com uma arquitetura denominada arquitetura bioclimática o que, segundo os autores, resultou no renascimento de uma arquitetura preocupada com o consumo energético e com a integração ao clima local. "A arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior" (CORBELLA e YANNAS, 2003).

Berndtsson (2010), têm estudado diferentes variáveis dos telhados verdes, como desempenho térmico, consumo energético, capacidade de fixação de carbono, capacidade de retenção de água de chuva, entre outros, e seus resultados convergem positivamente na aplicação dos telhados verdes como forma de melhorar o desempenho das edificações.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo abordar as características da técnica do telhado verde, apresentando-o como alternativa na redução dos impactos gerados com a supressão de áreas verdes urbanas, ocasionado pela ineficiência do planejamento urbano nas cidades.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Analisar os resultados do uso do planejamento urbano através da Operação Urbana Consorciada do Jóquei Clube de Fortaleza, tendo como ponto central a redução de áreas verdes.

- Apresentar o telhado verde como solução capaz de amenizar a problemática da drenagem urbana no município de Fortaleza

### **1.3 Metodologia**

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho, encontra-se estruturada a partir das seguintes etapas: em primeiro lugar, foi realizada a revisão bibliográfica, sobre a temática dos telhados verdes. Foram pesquisadas através de livros, monografias, dissertações de mestrado, teses de doutorado e artigos científicos. Em segundo lugar, foi realizado um estudo de caso do planejamento urbano no município de Fortaleza visando identificar a redução de áreas verdes, tendo como objeto a Operação Urbana Consorciada do Jóquei Clube. E em terceiro foi abordado a problemática da drenagem urbana em Fortaleza como uma das consequências da redução de áreas verdes, com o intuito de levantar dados e informações que possibilitaram avaliar a aplicação dos conhecimentos adquiridos na pesquisa bibliográfica.

Para Gil (1999), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Telhado Verde

Telhado verde ou cobertura verde é um sistema construtivo que consiste em uma cobertura vegetal feita com grama ou plantas que pode ser instalada em lajes ou sobre telhados convencionais e proporcionam conforto térmico e acústico nos ambientes internos.

“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).

Segundo Spangenberg (2004), “o custo-benefício da solução compensa.” Em sua pesquisa em convênio com a Universidade de São Paulo “... a utilização em larga escala dos telhados verdes poderia reduzir 1°C ou 2°C a temperatura nas grandes cidades.”

Para Teixeira *et al.* (2011), o telhado verde tem a capacidade de aliviar as redes de drenagem dos grandes centros urbanos, pela capacidade de absorver parte do volume de água superficial das chuvas, podendo liberá-la de forma controlada, amenizando os riscos de inundações.

De acordo com Araújo (2007), para implantação do sistema, a obra exige a instalação de uma estrutura específica na cobertura. Caso o telhado seja simplesmente uma laje, é preciso primeiramente impermeabilizá-la. Se o telhado for composto por telhas de cerâmica, é preciso retirá-las e colocar placas de madeira ou outro material similar que servirá de base para a cobertura vegetal. Desta forma, posteriormente será colocado a terra e o adubo para o crescimento das plantas. Mantas onduladas que impedem o escoamento do substrato, mantas de impermeabilização que evitam infiltrações e dutos de irrigação ou drenagem também fazem parte do projeto de um telhado verde.

Ainda segundo Araújo (2007), dá-se preferência a plantas locais mais resistentes à chuva e à estiagem e que exijam pouca rega e poda.

O uso de plantas de porte baixo e crescimento lento também podem facilitar a manutenção, que se assemelha com a de um jardim comum.

A manutenção do telhado verde deve ser feita uma ou duas vezes ao ano dependendo da classificação do tipo de telhado aplicado (Intensivo, Semi-Intensivo ou Extensivo).

## 2.2 Classificação de Telhados Verdes

Para a IGRA, International Green Roof Association, (2015), os critérios descritos na (Tabela 1), podem ser utilizados para caracterizar três formas diferentes de Telhados Verdes:

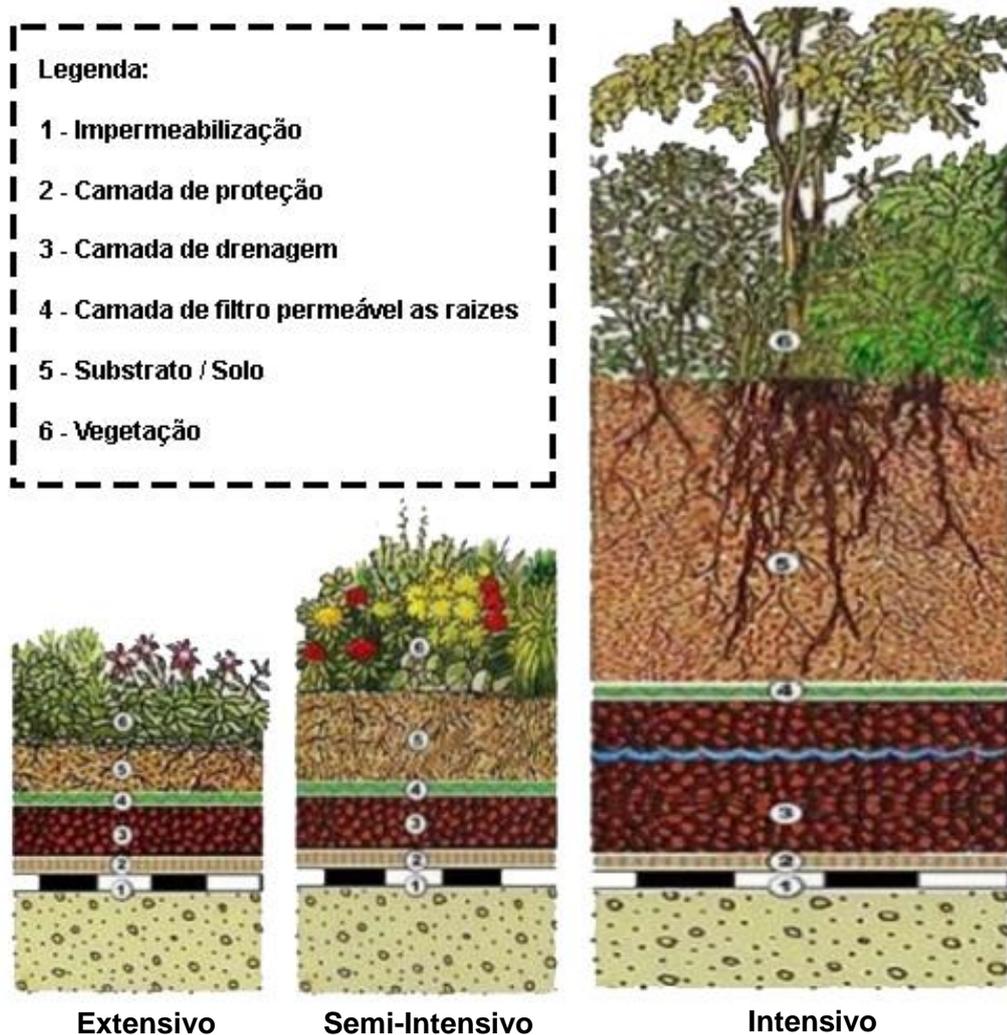
Tabela 1: Classificação dos telhados verdes

| <b>Itens</b>             | <b>Telhado Verde Intensivo</b> | <b>Telhado Verde Semi-Intensivo</b> | <b>Telhado Verde Extensivo</b> |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Manutenção</b>        | Alto                           | Periodicamente                      | Baixo                          |
| <b>Irrigação</b>         | Regularmente                   | Periodicamente                      | Não                            |
| <b>Plantas</b>           | Gramado, arbustos e árvores    | Gramas, ervas e arbustos            | Ervas e gramíneas              |
| <b>Altura do sistema</b> | 150-400 mm                     | 120 - 250 mm                        | 60 - 200 mm                    |
| <b>Peso</b>              | 180-500 kg / m <sup>2</sup>    | 120-200 kg / m <sup>2</sup>         | 60-150 kg / m <sup>2</sup>     |
| <b>Custos</b>            | Alto                           | Medio                               | Baixo                          |
| <b>Uso</b>               | Parque igual a um jardim       | Projetado para ser um telhado verde | Camada de proteção ecológica   |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de  
[www.igra-world.com](http://www.igra-world.com)  
 Acesso em: Set/2017

A representação gráfica de cada tipo de telhado verde (Figura 1) ilustra as diferenças entre eles.

Figura 1: Representação gráfica dos telhados verdes



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da imagem de SAVI, 2012

### 2.2.1 Telhado Verde Intensivo

De acordo com Savi (2012), as coberturas verdes intensivas, necessitam de maiores cuidados na implantação e manutenção mais periódica, pois sua aplicação permite o uso mais abrangente das espécies de vegetação, variando desde gramíneas (grama) até árvores frutíferas e arbustos, podendo oferecer espaços verdes acessíveis ao usuário. Esse tipo de telhado verde raramente é utilizado em grandes inclinações, já que o seu peso a torna mais suscetível a deslizamentos.

A vegetação do telhado verde intensivo, protege a cobertura da radiação ultravioleta aumentando sua vida útil. Sua manutenção necessita de mais água, adubo e uma camada de substrato maior de no mínimo 30 cm. Para que seja possível a instalação, é necessário um reforço estrutural que suporte maior capacidade de carga, pesando entre 100 a 200 kg/m<sup>2</sup> sem a saturação da água (IGRA, 2015).

### **2.2.2 Telhado Verde Semi-Intensivo**

Os telhados verdes semi-intensivos, seriam uma combinação entre os dois tipos de coberturas verdes, intensivo e extensivo. Se comparadas as extensivas elas necessitam de mais manutenção, os custos são mais elevados e o peso é maior, porém permitem que seja feito um projeto paisagístico mais elaborado na área (IGRA, 2015).

### **2.2.3 Telhado Verde Extensivo**

Os telhados verdes extensivos se caracterizam por serem estruturas mais simples e demandam pouca manutenção e intervenção humana.

O sistema extensivo não é utilizado como área de lazer. Trata-se de um sistema mais leve por necessitar de menor quantidade de substrato e assim armazenar menos água, tornando-o mais viável economicamente. Geralmente são mais baratas que os sistemas intensivos, tanto na construção quanto na manutenção (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

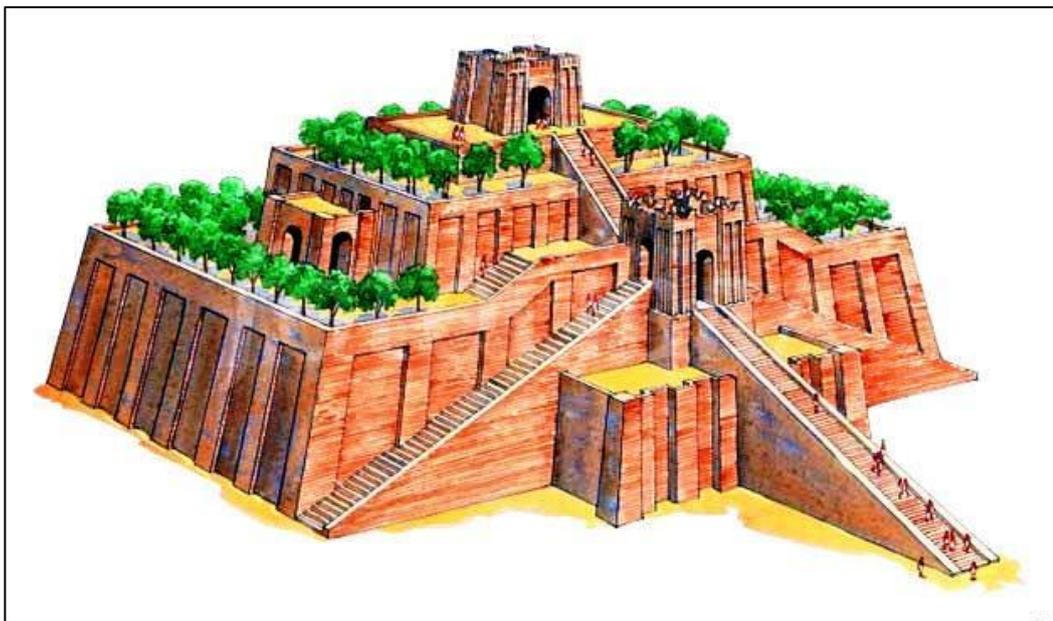
A vegetação possui crescimento médio e fazendo o comparativo com os outros sistemas, pouco tem sido feito para levantar as características das diferentes espécies de planta na performance do telhado verde extensivo (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

### 2.3 Contexto Histórico

Os registros históricos mostram que o telhado verde é uma técnica construtiva antiga primeiramente usado nos templos chamados Zigurates (Figura 2) da antiga Mesopotâmia, atual sul do Iraque e na Babilônia, por causa do desempenho térmico proporcionado (DISCOVERY CHANNEL, 2016).

Os Jardins Suspensos da Babilônia estavam localizados no lado leste do Eufrates, num antigo bairro da cidade, entre as margens do rio e os palácios reais. São uma das sete maravilhas do mundo antigo e a menos conhecida já que não foi encontrado algum vestígio do monumento nos sítios arqueológicos, tendo como única “suspeita” um poço fora dos padrões que teria sido usado para bombear água (DISCOVERY CHANNEL, 2016).

Figura 2: Templos Zigurates



Fonte: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2013/06/historia-de-la-geotecnia-perfil.html>  
Acesso em: Mar/2017

Posteriormente, os telhados verdes foram amplamente difundidos, no Império Romano (Figura 3) onde árvores eram cultivadas na cobertura de edifícios; no período renascentista na Itália, pré-colombiano no México, na Índia entre os séculos XVI e XVII e em algumas cidades da Espanha, na França a partir do século XVIII e na

Escandinávia no início do século XIX (ARAÚJO, 2007).

Nos anos 50, a Alemanha foi pioneira em pesquisas científicas sobre o tema que tinha como objetivo a conservação das águas e energia através desse sistema construtivo. Com investimento do governo nesse setor, muitas técnicas de construção foram desenvolvidas e nos anos 70 materiais foram introduzidos nesse sistema como materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes antirraízes, entre outros. Nos anos 80, houve aumento nas construções de 15 a 20% ao ano, totalizando dez milhões de metros quadrados de telhados verdes na Alemanha no ano de 1996; crescimento possível por leis de subsidio municipais, estaduais e federais (ARAÚJO, 2007).

Figura 3: Templo de Vênus e Roma



Fonte: [www.fuiserviajante.com](http://www.fuiserviajante.com)  
Acesso em: Mar/2017

No Brasil, esse sistema construtivo ainda não é muito usado e começam a surgir algumas leis de incentivo por parte do governo como forma de disseminação dessa técnica construtiva. O primeiro projeto executado de telhado verde no Brasil foi no ano de 1936, no prédio do Ministério da Educação e Cultura - MEC e foi construído pelo arquiteto paisagista Roberto Burle Marx, depois em 1988 no Banco Safra em São Paulo e em 1992, a arquiteta Rosa Grená Kliass e o arquiteto Jamil Kfoury projetaram os jardins do Vale do Anhangabaú em São Paulo (TOMAZ, 2005).

## **2.4 Benefícios do Telhado Verde**

Segundo levantamento bibliográfico, os telhados verdes trazem contribuições significativas para a sociedade e para as edificações. Os benefícios vão desde a melhoria das condições termo acústicas a fatores psicológicos que interferem no bem-estar da população.

### **2.4.1 Benefícios estéticos**

Como forma de reestabelecer as paisagens naturais dos grandes centros urbanos, o telhado verde se torna uma solução eficiente para o aumento das áreas verdes, havendo a possibilidade de criar jardins onde antes não havia espaço, consequência da ocupação desordenada e sem planejamento.

### **2.4.2 Produção de alimentos**

Segundo Tomaz (2005), o cultivo de alimentos em telhados verdes já é feita na Rússia, Tailândia, Colômbia, Haiti e Canadá.

O Hotel Fairmont Waterfront, em Vancouver no Canadá, com 2100 m<sup>2</sup> de jardim, se tornou um dos primeiros a ter um telhado verde. A economia em seu restaurante é cerca US\$ 30.000 (Trinta mil dólares) e tem mais de sessenta variedades de ervas, legumes, frutas e flores comestíveis bem como mais de dez espécies diferentes de aves no local (KLINKENBORG, 2009).

A desvantagem dessa produção é que as plantas absorvem facilmente a poluição atmosférica e em lugares onde o nível de poluição é muito alto, não é recomendado o consumo desses produtos.

### **2.4.3 Benefícios econômicos**

Esse é um dos fatores que tornam o telhado verde um sistema construtivo eficiente, já que recuperam um espaço desperdiçado e os torna habitáveis ampliando a área útil do imóvel. Além desse fator relevante, outros se tornam atrativos quanto sua aplicabilidade. Em São Paulo e no Rio Grande do Sul essa ideia já está sendo

difundida tornando possíveis benefícios em menor escala como economia de energia, diminuição das ilhas de calor e aproveitamento das águas de chuva. É válido ressaltar que as coberturas verdes podem gerar benefícios em grande escala o que só será possível se a utilização desse sistema for mais aplicada.

#### **2.4.3.1 Vida útil da cobertura**

Segundo Araújo (2007), a cobertura é o principal elemento de exposição ao processo de trocas térmicas entre o interior e o exterior da construção. São submetidos aos efeitos do clima, que com a radiação solar, as perdas de calor à noite e as chuvas sofrem mais do que qualquer outra parte da edificação.

Materiais comumente usados na construção civil armazenam radiação solar e reemitem essa radiação na forma de calor, tornando as cidades até 17°C mais quentes. O acúmulo desse calor durante o dia devido às propriedades de absorção dos materiais utilizados na construção compromete a durabilidade e desgaste dos mesmos reduzindo conseqüentemente a vida útil da edificação (PIERGILI, 2007).

Segundo Heneine (2008), a exposição ao sol pode acelerar o envelhecimento de materiais betuminosos e a radiação solar muda a composição química, como consequência disto, gera a degradação das propriedades mecânicas desses materiais.

Com a aplicação de telhado verde sobre o telhado convencional, a vida útil da cobertura se torna mais extensa. Segundo Abreu (2009), os telhados verdes reduzem também os efeitos danosos dos raios ultravioletas e dos ventos, uma vez que nesses telhados a temperatura não ultrapassam os 25° C contra 60° C dos telhados convencionais.

#### **2.4.3.2 Eficiência energética**

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997),

“A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é considerado mais

eficiente do que outro se esta edificação oferece as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. ”

Dados informam que da energia elétrica consumida no Brasil, 23% é utilizada em edificações residenciais, 11% comerciais e 8% públicas, totalizando 42% da energia nacional e em edifícios comerciais e públicos no Rio de Janeiro, o consumo de energia elétrica chega a 50% no verão por causa do ar condicionado e a 70% em prédios que utilizam vidro (LAMBERTS et al., 1997).

Dando ênfase a essa declaração, arquitetos e engenheiros responsáveis em desenvolver projetos, podem assegurar-se que estão especificando além de durabilidade, beleza e bem-estar, meios de garantir o consumo de energia. Materiais de construção como tipo de telha e vidro, decisões quanto a melhor localização de janelas e portas para desfrutar da ventilação cruzada, aproveitamento da luz natural e paisagismo têm forte influência nas condições do interior dessas edificações.

O problema do consumo de energia é mundial. Percebe-se essa problemática quando foi imposto pelo governo brasileiro o racionamento de energia e todos foram incentivados a trocar as lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes, a não tomar banho em horários de pico, etc. No setor da construção civil, foi criado nos EUA em 1993 o selo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), um sistema de classificação de edificações desenvolvido pela organização United States Green Building Council (USGBC) a partir de critérios de sustentabilidade ambiental onde a certificação impõe às construções medidas ecologicamente corretas como estabelecer nível mínimo de eficiência energética para a construção e verificação dos sistemas de energia instalados e seu desempenho. No Brasil, as normas LEED foram iniciadas em 2004 (LAMBERTS et al., 1997).

Embora o custo da certificação LEED seja caro, cerca de US\$ 750 (Setecentos e cinquenta dólares) para obras até cinco mil metros até US\$ 7,5 mil (Sete mil e quinhentos dólares) para obras com mais de 50 mil metros (LAMBERTS et al., 1997), não permitindo a certificação para a maioria das empresas, muitas decisões para diminuir desperdícios são tomadas ainda no canteiro de obras.

Como consequência do aquecimento global, muitas ações podem ser tomadas para diminuir o impacto no planeta, onde toda a cadeia produtiva necessita se engajar numa transformação que envolve diminuir o consumo de materiais e a geração de resíduos.

Em busca de novas tecnologias para tornar as edificações sustentáveis, o telhado verde foi resgatado da antiguidade e tem sido um aliado na diminuição das ilhas de calor nas grandes cidades reduzindo as temperaturas internas das edificações, ajudam a melhorar a qualidade do ar e a controlar o efeito estufa e favorece o clima do entorno.

Segundo Spangenberg (2004), o telhado verde é eficiente na redução da temperatura das coberturas em 15° C, dando aos moradores das edificações conforto térmico com conseqüente diminuição do uso do ar condicionado e redução do consumo de energia.

A idéia de reabilitar edifícios e espaços dando novas funções urbanas e ambientais às edificações, torna o uso dos telhados verdes uma eficiente possibilidade de regeneração para a atmosfera que se tornam “pequenos pulmões” por criarem corredores verdes em meio das grandes muralhas de pedras das cidades (VILELA, 2005).

Spangenberg (2004) diz que os principais benefícios da vegetação em climas quentes são os de reduzir a radiação solar e de diminuir a temperatura do ar devido ao sombreamento e evapotranspiração.

#### **2.4.4 Benefícios ambientais**

A camada de vegetação dos telhados verdes ajuda na redução da poluição atmosférica através da melhoria da qualidade do ar, reduz a temperatura nas cidades e ameniza a poluição sonora. Além disto, é uma iniciativa sustentável eficiente na busca por mais espaços verdes nos centros urbanos.

##### **2.4.4.1 Biodiversidade**

A vegetação contribui de forma significativa para o estabelecimento de microclimas e também para equilibrar o clima do seu entorno, absorvendo energia e favorecendo a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico que é essencial para a renovação do ar atmosférico (ARAÚJO, 2007). Dessa forma, há um aumento da biodiversidade nesses locais atraindo pássaros, insetos, besouros, borboletas entre outros.

Conforme Araújo (2007), as espécies de plantas como a *Portulaca Grandiflora* (Onze-horas), *Tradescantia Pallida* (Coração-roxo), *Asparagus Densiflorus* (Aspargo rabo de gato) e *Senico Confusos* (Margaridão), como as mais resistentes ao clima tropical do país e se adaptam bem em telhados verdes extensivos, assim também outras espécies como cebolinha, louro, magnólia, amor-perfeito, orquídeas entre outras.

#### **2.4.4.2 Poluição atmosférica**

Com todos os efeitos que a poluição atmosférica tem trazido para o mundo e com o desmatamento que está acontecendo, a popularização do telhado verde pode ser uma alternativa eficiente para os grandes centros urbanos, reduzindo a emissão de carbono atenuando a poluição do ar, filtrando a poluição, o gás carbônico e os poluentes e metais pesados da água da chuva.

Segundo Leal, Farias e Araújo (2008),

“O desenvolvimento industrial e urbano tem originado em todo o mundo um aumento crescente da emissão de poluentes atmosféricos. O acréscimo das concentrações atmosféricas destas substâncias, a sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais é responsável pela redução da produção agrícola, danos nas florestas, degradação de construções e obras de arte e de uma forma geral origina desequilíbrios nos ecossistemas.”

“O clima também é afetado pela poluição do ar. O fenômeno do efeito estufa está aumentando a temperatura em nosso planeta” que ocorre quando. ” Os gases poluentes formam uma camada de poluição na atmosfera, bloqueando a dissipação do calor. Desta forma, o calor fica concentrado na atmosfera, provocando mudanças climáticas.” (LEAL, et al., 2008).

#### **2.4.4.3 Retenção e aproveitamento da água de chuva**

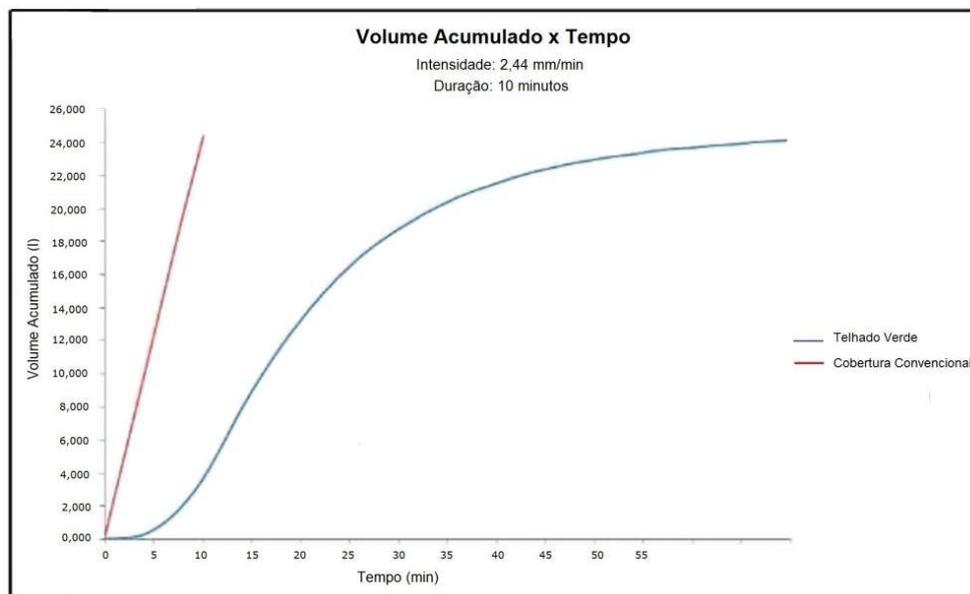
O telhado verde possui um papel importante na contribuição para a melhoria da drenagem urbana, pois recompõe parte da função do solo natural tomado pelos materiais impermeáveis. Estes telhados podem reter de 15 a 17% do volume gerando

pelas águas de chuva, reduzindo a ocorrência de inundações e enchentes em regiões urbanizadas.

Alguns componentes do ciclo hidrológico sofrem grandes alterações por consequência do processo de urbanização, onde destacam-se a redução na taxa de infiltração e o aumento no escoamento superficial, ambos ocorrem quase sempre de forma simultânea, resultando em problemas de enchentes e inundações devido ao aumento e aceleração do pico de vazão em bacias (SILVA et al., 2015).

Di Giovanni e Cruz (2010), a partir de um protótipo de um telhado verde com o objetivo de medir várias vazões de água lançadas sobre o mesmo simulando intensidades de chuvas, concluiu que, com a construção e utilização do protótipo, os resultados foram satisfatórios e promissores, onde se observou eficiência do sistema com retenção significativa de água, como mostra (Figura 4).

Figura 4: Gráfico comparativo:  
Volume de água no telhado verde x Tempo



Fonte: Di Giovanni e Cruz, 2010.

O aproveitamento da água de chuva em áreas urbanas é feito através do direcionamento da água que é precipitada sobre a superfície do telhado verde para um reservatório ou cisterna, através de um conjunto de calhas e condutores. Esse armazenamento da água traz vantagens econômicas aos usuários, uma vez que esta água pode ser reaproveitada. Como prática sustentável, é viável pensar-se em

sistemas de aproveitamento de água de chuva para usos que não são nobres em uma edificação, tais como irrigação de jardins, limpeza de áreas externas, lavagem de carros e descargas sanitárias.

### 3. ARTIGO 1

## **A INEFICIÊNCIA DO PLANEJAMENTO URBANO COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE ÁREAS VERDES: UMA ANÁLISE AVALIATIVA DA OPERAÇÃO URBANA CONSORCIADA DO JÓQUEI CLUBE DE FORTALEZA**

### **RESUMO**

O desenvolvimento das cidades tem demandado planejamento e técnicas vantajosas para se construir espaços cada vez mais sustentáveis, com isso pesquisadores e profissionais ligados a construção civil, buscam soluções e diretrizes urbanísticas que possam contribuir para a redução dos efeitos do calor. A implementação das Operações Urbanas Consorciadas, composta por uma parceria público-privada, existe para minimizar os problemas urbanos e para a estruturação de um ambiente mais eficiente, permitindo alcançar transformações urbanísticas, bioclimáticas e valorização ambiental em áreas estratégicas da cidade, onde o Plano Diretor limita a intervenção. Percebe-se, no entanto, que na prática as vantagens são desiguais, pois são soluções que reduzem de forma considerável as áreas verdes públicas previstas na Lei de Parcelamento do Solo, estabelecendo um aumento considerável nos índices construtivos e conseqüentemente no lucro das incorporadoras. Dentro deste cenário a pesquisa tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a ineficiência do planejamento urbano a partir da aplicação da Operação Urbana Consorciada do Jóquei Clube de Fortaleza. Para isto foi realizada uma pesquisa bibliográfica para se levantar conhecimentos e posteriormente um estudo de caso sobre a aplicação da Operação. Como resultado da pesquisa, constatou-se que a Operação Urbana Consorciada do Jóquei Clube de Fortaleza é um claro exemplo de descaso ambiental, onde a lei que aprovou a viabilidade desta operação, proporcionou uma redução significativa de áreas verdes no local.

**Palavras-chave:** Áreas Verdes; Operação Urbana Consorciada; Jóquei Clube.

### **INTRODUÇÃO**

Nas cidades, a redução de áreas verdes e as superfícies modificadas do solo com elevada condutividade térmica, absorvem maior quantidade de radiação solar, a ponto de, no cômputo final, gerar diferenças de temperatura superiores a 10,0°C entre a cidade e campo. Na zona rural ou nas periferias das metrópoles, geralmente há mais

água disponível para a evaporação por existir maior quantidade de vegetação e áreas permeáveis, ao contrário dos centros urbanos, onde as construções e ruas pavimentadas fazem escoar a água, que poderia ser infiltrada e servir como reserva natural para a evaporação (RITTER, 2009).

A legislação das cidades prevê regras para manutenção de parte da área verde explorada dentro dos interesses imobiliários, no entanto, para cada situação, existe uma realidade onde as demandas de convivência com o meio ambiente, carecem da atualização destas regras, sendo necessário a negociação efetiva entre os poderes público e privado.

A Operação Urbana Consorciada (OUC), é um claro exemplo de regime de parceria que envolve a negociação entre o Poder Público e o Setor privado, tendo o poder público municipal como coordenador e as entidades do setor privado como participantes, além disto, é um instrumento do Direito Urbanístico instituído pelos artigos 32, 33 e 34 da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade) e tem como objetivo o desenvolvimento urbanístico, valorização ambiental e melhorias sociais em áreas pré-determinadas.

A OUC quando mal implementada como instrumento para o uso e a ocupação do solo, gera um processo de urbanização incoerente dos espaços, podendo ocasionar a redução de áreas verdes ou permeáveis, gerando a necessidade de acréscimo nos serviços de infraestrutura e favorecendo um possível aumento no consumo energético das edificações.

## **OBJETIVO**

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a ineficiência do planejamento urbano na contribuição para redução de áreas verdes, tendo como cenário a aplicação da Operação Urbana Consorciada do Joquei Clube de Fortaleza.

## **METODOLOGIA**

Como metodologia para este trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para levantar conhecimentos aprofundados acerca do tema abordado e permitir

embasamento teórico para através de um estudo de caso, compreender os resultados e repercussões da Operação Urbana Consorciada no planejamento urbano da cidade. Como complemento, foi realizada também uma análise comparativa entre a legislação vigente e o objetivo da Operação Urbana Consorciada do Jóquei Clube de Fortaleza.

### **3.1 Operações Urbanas Consorciadas (OUC)**

A Operação Urbana Consorciada, é um instrumento de planejamento urbano previsto no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001), que tem por finalidade promover transformações urbanísticas, melhorias sociais e valorização ambiental em áreas urbanas limitadas pelos parâmetros do Plano Diretor.

Para serem implementadas, as Operações Urbanas devem ser aprovadas por uma lei municipal específica que, deve conter no mínimo a definição da área a ser atingida, programa básico de ocupação da área, programa de atendimento econômico e social para a população diretamente afetada pela operação, finalidades da operação, estudo prévio de impacto de vizinhança, contrapartida exigida dos proprietários e investidores privados, além da forma de controle da operação compartilhada com representantes da sociedade civil.

Para Olbertz (2011), a Operação Urbana Consorciada (OUC) é um empreendimento urbano, desenvolvido entre o poder público municipal e a sociedade civil, traduzido num procedimento urbanístico orientado à transformação urbanística estrutural, à valorização ambiental e à promoção de melhorias sociais numa determinada área do espaço habitável.

Na OUC, a grande “moeda” de troca do Poder Público, são as concessões de acréscimo no potencial construtivo e a melhoria no aproveitamento do terreno com a redução de áreas doáveis, como por exemplo, áreas verdes para uso público, áreas institucionais e sistema viário. Essas regalias podem ser concedidas aos proprietários privados em troca de uma contrapartida financeira, doação de terrenos ou ainda na prestação de serviços públicos. Para isso é necessária atenção, de forma a garantir que os benefícios provenientes da aplicação desse instrumento, sejam distribuídos de forma justa pelos diversos setores da sociedade.

### 3.1.1 Operação Urbana Consorciada (OUC) – O caso Jóquei Clube de Fortaleza

O antigo equipamento denominado Jóquei Clube de Fortaleza (Figura 5), estava situado na Zona Centro-Leste de Fortaleza, inserido em bairro homônimo, cuja área total era de 232.015,20m<sup>2</sup>. A região teve sua ocupação intensificada pela instalação deste clube e pela proximidade com o bairro da Parangaba.

No início dos anos 2000, o bairro Jóquei Clube sofreu uma grande especulação imobiliária, devido sua boa infraestrutura, pela proximidade da estação metroviária da linha sul e o surgimento de grandes empreendimentos no entorno.

De acordo com a publicação em Diário Oficial do Município (FORTALEZA. Lei nº 9.333, de 28 de dezembro de 2007), foi estabelecido diretrizes para a Operação Urbana Consorciada Jockey Clube, com base no art. 32 da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade), nos arts. 10 e 11 da Lei nº 7.061, de 16 de janeiro de 1992, (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza -PDDU-FOR), e no art. 11 da Lei nº 7.987, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Uso e Ocupação do Solo), prevendo mecanismos para sua implantação.

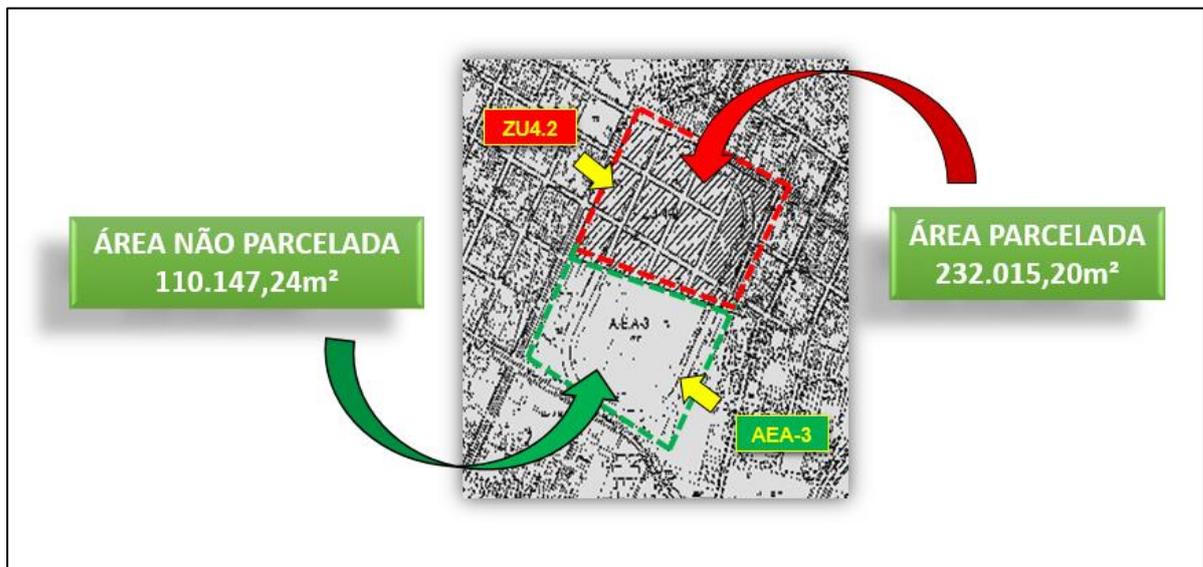
Figura 5: Antigo Jóquei Clube de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem do Google Earth, 2003

A área correspondente ao Jockey Clube de Fortaleza correspondia a 232.015,20m<sup>2</sup> e era dividida em duas Zonas, conforme a Lei de Uso e Ocupação do Solo vigente na época (Lei nº 7987, de 23 de dezembro de 1996). Uma delas já havia um projeto de parcelamento aprovado, porém não implantado, denominado Loteamento Parque São Cristóvam, inserida na Zona ZU4.2, com uma área total de 121.867,96m<sup>2</sup>, contendo: 81.488,00m<sup>2</sup> de lotes privados, 20.227,96m<sup>2</sup> de sistema viário e 20.152,00m<sup>2</sup> de área de praça (área verde). A outra parte correspondia a área restante da gleba não parcelada, inserida na Zona AEA-3, com área total de 110.147,24m<sup>2</sup> (Figura 6).

Figura 6: Divisão Jockey Clube de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem do Diário Oficial do Município, 2008

O primeiro passo da Operação Urbana Consorciada foi constituir em sua lei a desapropriação do Loteamento Parque São Cristóvam e a desafetação de áreas públicas para viabilizar uma unificação, para posteriormente reparcelamento dentro das diretrizes da OUC, conforme trecho da lei publicada no Diário Oficial do Município de 24 de Janeiro de 2008:

#### **CAPÍTULO IV - DA FORMA DE PARTICIPAÇÃO.**

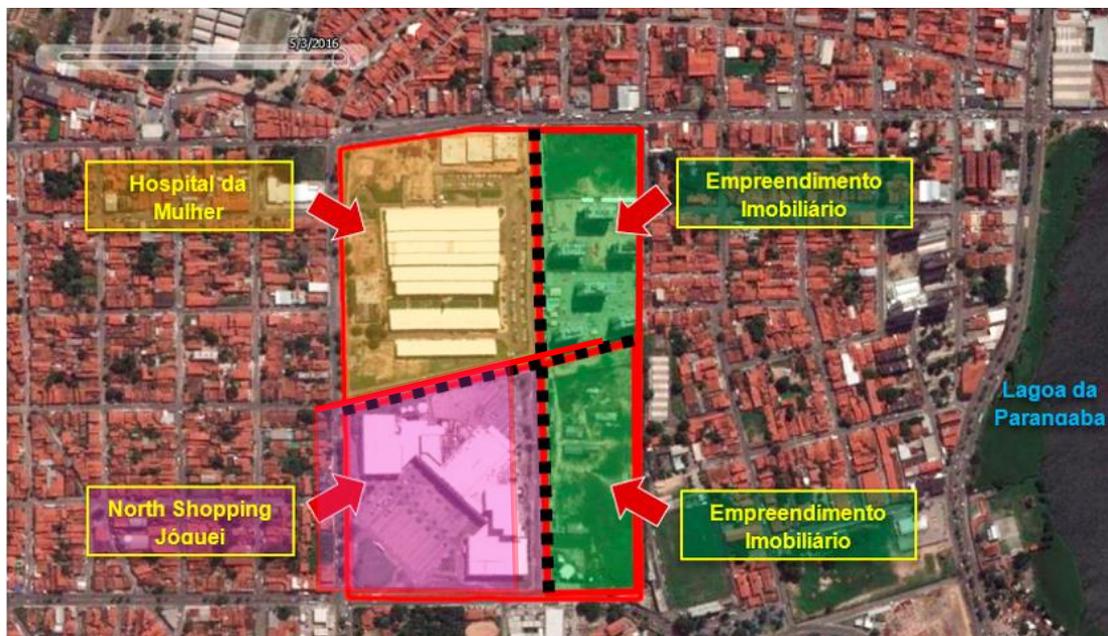
**Art. 9º** - A Operação Urbana Consorciada Jockey Clube realizar-se-á mediante convênio firmado entre o poder Executivo Municipal, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infra-Estrutura (SEINF) e o proprietário dos terrenos localizados na área de que trata esta Lei, compreendendo os seguintes procedimentos,

investimentos e permissões: I - pelo Município de Fortaleza: a) revogar o Decreto nº 12.202, de 06 de junho de 2007 que declara de utilidade pública para fins de desapropriação parte da área ocupada pelo Jockey Clube Cearense, publicado no Diário Oficial do Município nº 13.588, de 06 de junho de 2007; b) desafetar as áreas públicas inseridas no loteamento Parque São Cristóvam, compreendendo 19.889,96m<sup>2</sup> de ruas e 20.152,00m<sup>2</sup> de área de praça; c) permitir que, quando do parcelamento da gleba objeto de matrícula imobiliária nº 62.858 do CRI da 3ª Zona desta Capital, as áreas públicas verde, institucional e fundo de terra, com área de 27.536,81m<sup>2</sup> doadas antecipadamente, sejam agrupadas em um único terreno para possibilitar a implantação do Hospital da Mulher [...] (FORTALEZA. Lei nº 9.333, de 28 de dezembro de 2007).

Destaca-se que no antigo parcelamento, dentre as áreas públicas desafetadas, existia uma praça de 20.152,00m<sup>2</sup> onde poderia ser mantida parte da vegetação nativa suprimida.

O reparcelamento da área, resultou no desmembramento em quatro quadras com elevado potencial construtivo. Uma destas quadras foi destinada a interesse público, doada para a construção do Hospital da Mulher. Nas três quadras restantes, uma foi comercializada para a construção do Shopping Center e as demais destinadas para viabilizar a construção de empreendimentos imobiliários (Figura 7).

Figura 7: Resultado da OUC Jockey



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem do Google Earth, 2016.

### 3.1.2 Redução de áreas verdes com a Operação Urbana Consorciada

De acordo com a Legislação de Parcelamento do Solo de Fortaleza vigente na época da OUC (Lei nº 5122.A/79 e Complementares), em toda gleba acima de 10.000,00m<sup>2</sup>, deve ser exigido a aplicação dos parâmetros de parcelamento para doação de áreas públicas.

#### **LEI Nº 5122.A/79 E COMPLEMENTARES:**

**Art. 12.** Da área total do projeto de parcelamento será destinado um mínimo de 45% para área sistema viário, áreas livres, áreas institucionais e áreas destinadas à implantação de programas habitacionais de interesse social obedecido o seguinte percentual:

- I.** um mínimo de **15% (quinze por cento)** para áreas livres (praças, parques, jardins e outras destinações da mesma natureza);
- II.** um mínimo de 5% (cinco por cento) para áreas institucionais (escolas, postos de saúde, equipamentos comunitários e outras destinações da mesma natureza);
- III.** um mínimo de 5% (cinco por cento) para implantação de programas habitacionais de interesse social.

A Lei determina que 15% da área total da Gleba seja destinada a “Áreas Verdes”. No caso do Jôquei Clube de Fortaleza, onde sua área total correspondia a 232.015,20m<sup>2</sup>, a Área Verde doada corresponderia em torno de 34.802,25m<sup>2</sup>. Isto não ocorreu com aprovação da Operação Urbana Consorciada, ficando o local com ausência de uma área verde pública.

Segundo Amorim (2001), as áreas verdes assumem um papel muito importante nas cidades no que se refere à qualidade do ambiente, pois servem de equilíbrio entre a vida urbana e o meio ambiente quando essas áreas verdes são utilizadas e preservadas para este fim. Além disso, deveriam ser destinadas à recreação e ao lazer da população.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este artigo abordou um cenário cada vez mais presente nas grandes cidades, onde constata-se que parte do processo da dizimação de áreas verdes, é resultado da isenção do poder público quanto a condução da aplicação de regras, frente aos interesses de empresas privadas em adquirirem vantagens no parcelamento do solo.

No caso da Operação Urbana Consorciada do Jôquei Clube de Fortaleza, o poder público, dentro de seus interesses, permitiu a extinção de uma área verde

pública, não tomando nenhuma medida compensatória para amenizar os efeitos prejudiciais causados pela supressão de uma grande área de vegetação local.

O impacto da ausência destes espaços, gera uma problemática não somente de convivência social ou lazer, mas contribui cada vez mais para a desertificação dos espaços, aumento das Ilhas de Calor nas cidades e conseqüentemente na qualidade de vida da população.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMORIM, M. C. da C. T. Caracterização das áreas verdes em Presidente Prudente, SP, 2001 p. 37-52.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts.182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Senado Federal, 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm) Acesso em: 15 set. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004. Lei das Parcerias Público-Privadas. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Brasília, DF: Senado Federal, 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm). Acesso em: 15 set. 2016.

FORTALEZA. Lei nº 5122.A/79 e complementares. Legislação de Parcelamento do Solo. Fortaleza, CE. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/servicos/Legislao-de-Parcelamento-do-Solo-Lei-N-5122.A79-e-Complementares.pdf>. Acesso em 16 mar. 2016.

FORTALEZA. Lei nº 7987 de 23 de dezembro de 1996. Lei de Uso e Ocupação do Solo. Fortaleza, CE. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-fortaleza-ce>. Acesso em 21 mar. 2016.

FORTALEZA. Lei nº 9.333, de 28 de dezembro de 2007. Planejamento Urbano. Lei que estabelece diretrizes da Operação Urbana Consorciada Jockey Clube.

Fortaleza, CE. Disponível em:

[https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/programas/fortaleza\\_cidade\\_empreadora/oucs\\_vigentes/lei\\_ouc\\_-\\_jockey\\_club.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/programas/fortaleza_cidade_empreadora/oucs_vigentes/lei_ouc_-_jockey_club.pdf). Acesso em 16 mar. 2016.

OLBERTZ, K. (2011). Proposta de Desenvolvimento urbano em Curitiba: o projeto da Operação Urbana Linha Verde. Informativo Justen, Pereira, Oliveira e Talamini, n. 57. Disponível em: <http://www.justen.com.br/informativo>. Acesso em: dez 2011.

RITTER, M. E. The Physical Environment: an Introduction to Physical Geography. Climate. Disponível em:

<[http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/climate\\_systems/urban\\_climate.html](http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/geog101/textbook/climate_systems/urban_climate.html)>. Acesso em: 11 fev. 2017.

## 4. ARTIGO 2

### **A IMPLEMENTAÇÃO DOS TELHADOS VERDES COMO TÉCNICA EFICIENTE PARA MELHORIA DA DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA-CE**

#### **RESUMO**

A inundação urbana é uma problemática antiga para os centros urbanos, isto ocorre quando as águas das galerias e córregos pluviais, se deslocam do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte. A consequência, é o alagamento do sistema viário e áreas destinadas a moradia, lazer, comércio e serviços públicos. Uma das causas deste problema, está relacionada com a intervenção urbana feita pelo homem, através da impermeabilização das superfícies e a ineficiência da rede de drenagem. O objetivo da pesquisa é apresentar elementos para a implementação do telhado verde como solução capaz de amenizar a problemática da drenagem urbana no município de Fortaleza/CE. A pesquisa inicialmente aborda através de uma revisão bibliográfica a problemática da drenagem urbana nos grandes centros urbanos e apresenta em um estudo de caso, alternativas de técnicas compensatórias, tendo como foco o uso do telhado verde em substituição aos telhados convencionais das edificações. O resultado mostra o telhado verde, como uma técnica capaz de amenizar parte dos impactos ambientais nas cidades, como inundações e alagamentos, gerados pelos picos de chuva que saturam a rede de drenagem urbana.

**Palavras-chave:** Telhado Verde; Drenagem Urbana; Fortaleza

#### **INTRODUÇÃO**

A proximidade das primeiras civilizações com os cursos d'água foi essencial no processo de fixação e de desenvolvimento, onde permitiu a evolução no processo de organização, partindo de pequenas aglomerações em espaços rurais, com economia baseada na prática agrícola, para criação de cidades com sistemas políticos, econômicos e sociais mais avançados.

Segundo Carneiro e Miguez (2011), a água é essencial à vida da população como fonte de abastecimento das cidades. Além disso, a água desempenhou papel

fundamental na fertilização de planícies, importante via de transporte para o comércio e veículo condutor de águas residuais, contribuindo para a salubridade das cidades.

O avanço no desenvolvimento das grandes cidades tem sofrido um processo de urbanização desenfreada, gerando impactos sociais, econômicos e ambientais, trazendo graves prejuízos à população.

A impermeabilização do solo é responsável por grande parte desses impactos, gerando escoamento superficial excessivo, contribuindo para o aumento de inundações.

Conforme Tucci e Bertoni (2003), a inundação urbana é uma problemática antiga para as cidades, isto ocorre quando as águas das galerias e córregos pluviais, se deslocam do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte. A consequência, é o alagamento do sistema viário e áreas destinadas a moradia, lazer, comércio e serviços públicos. Uma das causas deste problema, está relacionada com a intervenção urbana feita pelo homem, através da impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios.

Para Silveira (2002), o processo de urbanização agride o espaço natural através da impermeabilização do solo, alterando o fluxo e balanço hídrico das águas urbanas, afetando principalmente o funcionamento de zonas ribeirinhas.

Roaf (2006), diz ser necessário que a forma de se construir passe por uma atualização em seu processo, onde a arquitetura e a engenharia se integrem juntamente a sustentabilidade, onde a mudança iniciaria desde a formação técnica dos profissionais, com a conscientização e introdução de tecnologias que prejudiquem menos o meio ambiente.

Ainda segundo Roaf (2006), o homem contemporâneo encontrou novas alternativas que amenizam os impactos ambientais consequentes da problemática urbana, dentre elas o telhado verde, que consiste em técnica arquitetônica que possibilita a aplicação do solo e da vegetação sobre estruturas de cobertas desde que estas suportem o esforço submetido.

## **OBJETIVO**

O objetivo da pesquisa é apresentar elementos para a implementação do telhado verde como solução capaz de amenizar a problemática da drenagem urbana no município de Fortaleza/CE.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada neste trabalho, primeiramente parte de um estudo bibliográfico de fontes nacionais e internacionais, relativo a problemática da drenagem urbana nas grandes cidades, onde foram apresentadas alternativas de técnicas compensatórias de infraestrutura verde. Posteriormente o estudo foi direcionado para os limites da cidade de Fortaleza, sendo esta, adotada como cenário para apresentação dos conhecimentos adquiridos na pesquisa, sobre a capacidade do telhado verde em agir de forma compensatória na melhoria do escoamento pluvial.

### **4.1 O crescimento das cidades e a problemática da urbanização**

A urbanização é um processo caracterizado pela alteração das características, tanto do espaço quanto da população, que deixam de ter aspectos rurais para passarem a ter atributos urbanos. Este processo é o responsável pela formação das grandes cidades, e pode ocorrer de forma rápida ou gradual, planejada ou desordenada.

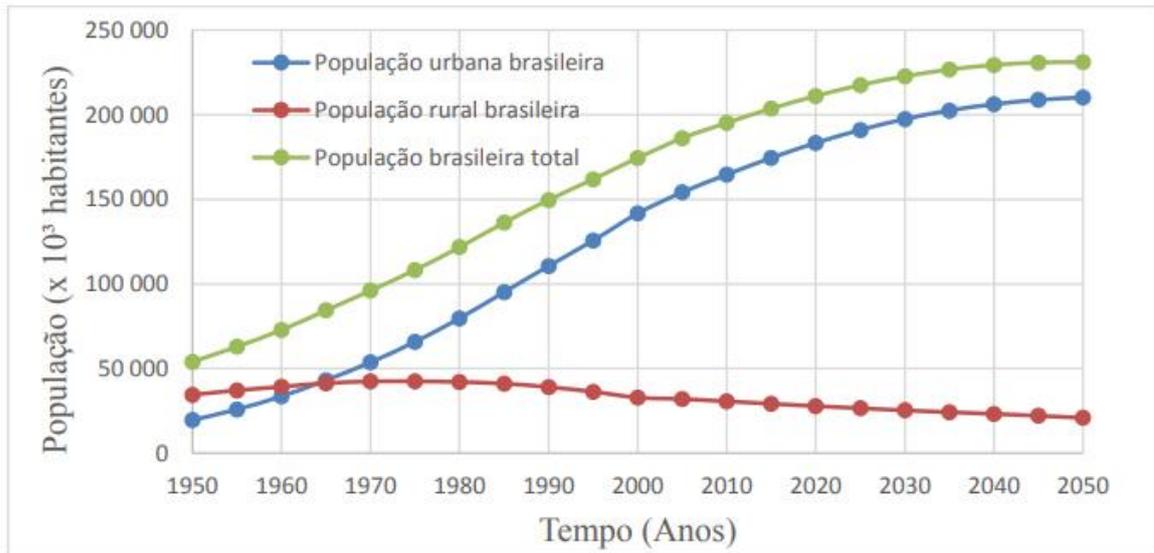
Um espaço urbaniza-se quando passa a ter seus padrões de uso e ocupação do solo alterados, deixando suas feições rurais, caracterizadas por extensas áreas destinadas à agricultura e pecuária. A cidade passa a ter algum tipo de infraestrutura e organização urbana, marcadas, principalmente, pela impermeabilização de áreas, pela disponibilização de algum tipo de serviço de saneamento básico e pelo adensamento significativo da população.

De acordo com United Nations (2015), em 2007, pela primeira vez na história, a população urbana do mundo excedeu a rural, sendo que, atualmente, estima-se que cerca de 54% da população mundial resida nos grandes centros urbanos.

No Brasil, na janela de tempo em que se faz essa observação, apenas por pouco tempo a população rural foi superior a urbana. Segundo os dados apresentados pela United Nations (2015), e representados no gráfico da Figura 8, nota-se que apenas no período da década de 50 até meados da década de 60 é verificada a supremacia da população rural, caracterizando a rapidez no processo de urbanização das cidades brasileiras. Cabe ressaltar que este gráfico retrata apenas o período de 1950 até 2014, e apresenta estimativas para o período de 2015 a 2050.

De acordo com o IPEA (2006), nos últimos anos, o Brasil acomodou sua crescente população tanto com o crescimento de cidades já existentes quanto com o surgimento de novas. Isto teve como resultado o fato de que, conforme contabilizado no censo de 2010 realizado pelo IBGE, cerca de 84% da população brasileira vive em áreas urbanas.

Figura 8: Evolução da população rural e urbana no Brasil, período de 1950-2050



Fonte: UNITED NATIONS, 2015

Observa-se, portanto, uma tendência de crescimento da população urbana e, por sua vez, a expansão das cidades, no Brasil e no mundo. Sem o devido planejamento e organização, tal expansão acontece de modo desordenado e provoca uma série de problemas no espaço urbano, como, por exemplo, a favelização, o aumento da geração de resíduos sólidos, a degradação de corpos hídricos, e as inundações urbanas. Torna-se, portanto, indispensável a adoção de práticas sustentáveis para tentar mitigar os impactos provenientes deste crescimento.

## 4.2 Drenagem Urbana e a Sustentabilidade

Durante muitos anos, tanto no Brasil como em outros países, a drenagem urbana das grandes metrópoles foi abordada de maneira secundária, tanto no contexto do parcelamento do solo para usos urbanos como no provimento de serviços de saneamento básico. O aumento das áreas urbanizadas e, conseqüentemente,

impermeabilizadas, ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas às várzeas dos rios ou a beira-mar, em direção a colinas e morros, em face da necessária interação da população com os corpos hídricos (CANHOLI, 2014).

A urbanização provoca alterações significativas em alguns componentes do ciclo hidrológico. Entre as alterações destacam-se: a redução na taxa de infiltração e o aumento no escoamento superficial. Estes dois fenômenos ocorrem na grande maioria das vezes simultaneamente, resultando em problemas de enchentes e inundações devido ao aumento e aceleração do pico de vazão em bacias (SILVA et al., 2015).

Segundo Carvalho e Lelis (2010), a rede de drenagem tem como função direcionar as águas de escoamento superficial para fora das cidades através de cursos d'água e reservatórios. Tendo como objetivo a preservação do meio ambiente, os sistemas de drenagem definidos como alternativos ou compensatórios, possuem a tarefa de complementar os sistemas convencionais. Estes sistemas oferecem como opção a retenção de parte do volume de água superficial, permitindo a armazenagem para reuso ou conduzindo para infiltração em solo natural.

Para Canholi (2014), os problemas de enchentes e inundações, por muito tempo, foram tratados a partir da utilização de soluções localizadas, como a construção de canais e galerias, que levam os impactos das cheias para as vazantes. Esse tipo de solução, conforme Canholi (2014), apenas transfere a “alocação de espaços” a serem inundados. Com o passar das décadas, essas soluções tradicionais de combate aos problemas relacionados à drenagem das cidades foram se mostrando, muitas vezes, ineficientes ou inviáveis no ponto de vista da execução, devido seu alto custo.

A necessidade de uma visão mais abrangente e sistêmica, capaz de oferecer uma maior sustentabilidade aos processos de controle de inundações, se mostra necessária e urgente. Este fato promoveu, durante a década de 1970, a mudança da concepção tradicional de gestão de águas pluviais, baseada em canalizações, para uma abordagem de armazenamento, com foco sobre a detenção das águas pluviais e recarga dos lençóis freáticos (BAHIENSE, 2013).

No conceito da drenagem urbana sustentável, as inundações urbanas não podem ser transferidas no espaço ou no tempo. Sistemas de drenagem urbana

precisam ser planejados de forma integrada com o crescimento urbano e as soluções necessitam ser integradas com a paisagem urbana (MIGUEZ et al., 2007).

Percebe-se cada vez mais a importância da adoção de sistemas de drenagem urbana sustentáveis, que busquem integrar-se com o desenvolvimento das cidades, e que tenham como objetivo reduzir os impactos sobre o ciclo hidrológico, atuando tanto nos processos de armazenamento, quanto nos de infiltração, que comumente são significativamente reduzidos no processo de urbanização.

### **4.3 Análise da cidade de Fortaleza quanto a ineficiência do planejamento urbano**

A partir de uma análise urbanística da região, identifica-se que Fortaleza possui problemáticas referente a ocupação inadequada de ambientes por falta de planejamento urbano, que geram elevada fragilidade ambiental e produzem condições favoráveis ao acontecimento de catástrofes decorrentes de eventos naturais. Desta maneira, os efeitos hidroclimáticos se destacam como um dos principais causadores dos problemas ambientais urbanos, gerando sérios prejuízos a cidade e a população.

As políticas públicas de prevenção dos riscos, o investimento em novas técnicas construtivas, obras de drenagem e desenvolvimento habitacional formal, são elementos necessários para redução da vulnerabilidade da cidade aos efeitos nocivos das chuvas.

Segundo o IBGE (2018), Fortaleza, capital do Estado do Ceará, é a quinta maior cidade do País em território e em 2014 foi eleita como a décima segunda mais rica em PIB, sendo a mais rica do Nordeste. Possui, ainda, a terceira região metropolitana mais rica das regiões Norte e Nordeste.

Conforme o Censo de 2010, Fortaleza em seus 314.930 km<sup>2</sup> de área total moram 2.452.185 habitantes e densidade demográfica de 7.786,44 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

Conforme os dados climatológicos de Fortaleza/CE (Figura 9), a temperatura média anual é de 27 °C. A média pluviométrica anual é de aproximadamente 1600 milímetros e umidade relativa anual em torno de 80% (INMET, 2018).

Segundo a Köppen Classification (2017) o clima de Fortaleza é tropical semiúmido, com uma época chuvosa de janeiro a julho e a outra seca de agosto a dezembro.

Figura 9: Dados Climatológicos de Fortaleza/CE

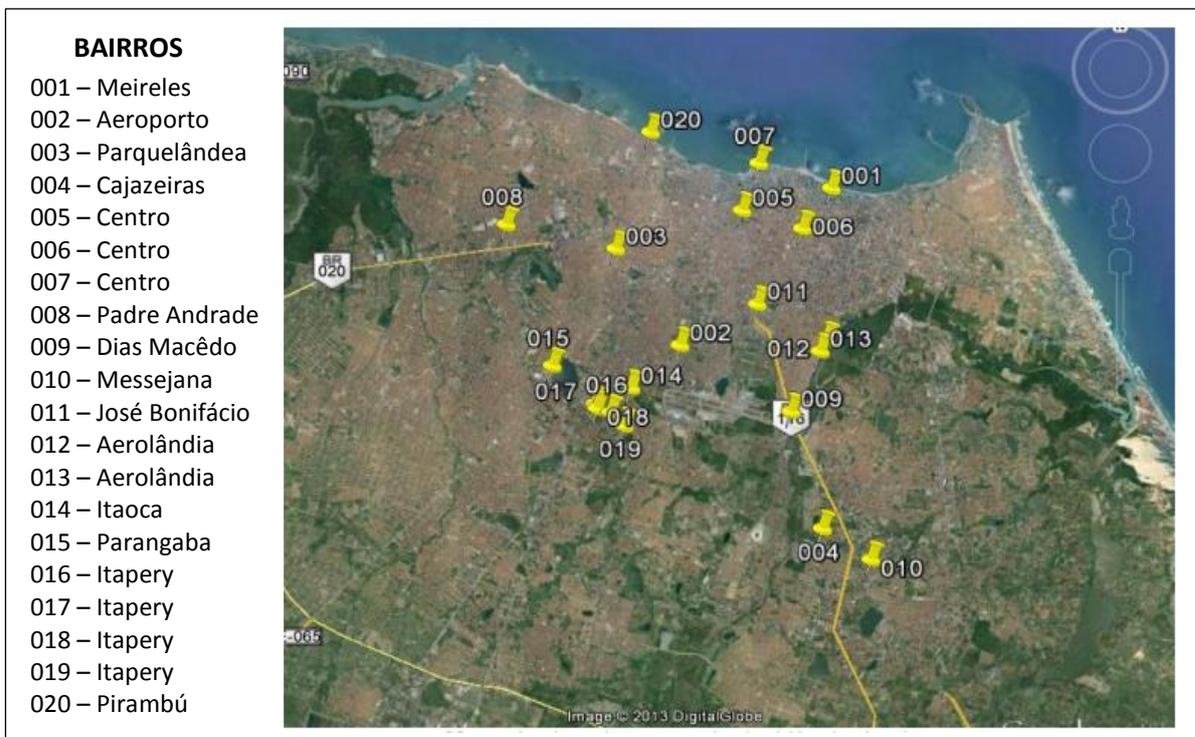
| Dados climatológicos para Fortaleza |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Mês                                 | Jan   | Fev   | Mar   | Abr   | Mai   | Jun   | Jul   | Ago   | Set   | Out   | Nov   | Dez   | Ano     |
| Temperatura máxima recorde (°C)     | 33,8  | 34,6  | 33,9  | 34    | 33,3  | 33,5  | 33,8  | 34,4  | 33,9  | 33,8  | 34,3  | 37    | 37      |
| Temperatura máxima média (°C)       | 31    | 30,9  | 30,4  | 30,3  | 30,4  | 30,1  | 30,3  | 30,8  | 31    | 31,2  | 31,5  | 31,5  | 30,8    |
| Temperatura média compensada (°C)   | 27,4  | 27,4  | 26,9  | 26,6  | 26,7  | 26,1  | 26,1  | 26,4  | 26,9  | 27,3  | 27,7  | 27,8  | 26,9    |
| Temperatura mínima média (°C)       | 24,5  | 24,3  | 23,9  | 23,8  | 23,7  | 23,1  | 22,7  | 22,9  | 23,5  | 24,2  | 24,7  | 24,9  | 23,9    |
| Temperatura mínima recorde (°C)     | 20    | 21,2  | 20,2  | 20    | 20,6  | 20,2  | 19,4  | 19,4  | 20,5  | 21    | 21,3  | 21    | 19,4    |
| Precipitação (mm)                   | 134,6 | 186,9 | 349,4 | 412,8 | 255,1 | 153,7 | 70,1  | 24,9  | 17,8  | 11    | 9,1   | 43,5  | 1 668,6 |
| Dias com precipitação (≥ 1 mm)      | 13    | 14    | 22    | 21    | 17    | 12    | 7     | 4     | 3     | 3     | 3     | 6     | 125     |
| Umidade relativa (%)                | 78,2  | 79,6  | 83,3  | 85,1  | 83    | 80,6  | 77,3  | 73,4  | 71,1  | 71,5  | 72,5  | 74,2  | 77,5    |
| Horas de sol                        | 222   | 181,2 | 157   | 147,1 | 201,3 | 215,5 | 259,4 | 288,3 | 284,4 | 294,1 | 288,5 | 265,4 | 2 804,2 |

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2018

Sua Geografia, tendo como característica a proximidade de serras, faz com que as chuvas de verão sejam mais frequentes na cidade do que no restante do estado.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2016), a cidade possui aproximadamente vinte pontos de alagamentos (Figura 10), resultado da ausência ou problemas na rede de drenagem de águas pluviais.

Figura 10: Bairros com pontos de maior incidência de alagamento em Fortaleza/CE



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza, 2016

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), os problemas estão historicamente relacionados ao dimensionamento insuficiente das galerias de drenagem ou interferências de outras redes como: abastecimento de água, esgoto, energia elétrica e telefonia (Figura 11).

Figura 11: Galeria da Rede de Drenagem de Fortaleza/CE



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem do Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza, 2016

Ainda segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), outro fator que contribui de forma expressiva para esta problemática, está relacionado a impermeabilização de áreas nos imóveis por parte da população, desrespeitando a taxa de permeabilidade do solo e por parte da Prefeitura, referente ao asfaltamento das ruas sem o devido estudo de implantação das galerias de águas pluviais. Estes dois últimos fatores têm grande contribuição para a diminuição da absorção da água pelo solo e pelo carreamento de detritos às galerias nos eventos de maior intensidade pluviométrica, ocasionando alagamentos e gerando sérios impactos a mobilidade urbana (Figura 12).

Ações através do uso de técnicas construtivas eficientes, podem reverter parte dos efeitos causados pela chuva devido à falta de planejamento urbano, proporcionando o aumento da velocidade do escoamento e absorção superficial das águas pluviais, tendo como consequência a redução do tempo de pico das

inundações, como também para os rápidos alagamentos nas áreas de acumulação sazonal.

Figura 12: Inundação do Sistema Viário de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem do Jornal Diário do Nordeste, 2016

#### **4.4 Infraestrutura verde como alternativa para redução dos efeitos nocivos da chuva**

Infraestrutura Verde é uma alternativa ao manejo de água da chuva, de forma sustentável e amigável ao meio ambiente. O principal objetivo é o reaproveitamento da água da chuva, através da infiltração, captura e reuso, recuperando parte da hidrologia natural.

Fundamentalmente, a preservação e restauração da paisagem natural, como florestas, banhados e áreas de inundação, são componentes essenciais da infraestrutura verde. Quando estas áreas sensíveis são protegidas, há melhora na qualidade da água da comunidade, o habitat da vida selvagem é mantido e, além disso, são criadas oportunidades de espaços para recreação.

Para Vasconcellos (2015), infraestrutura verde é um processo que conduz diversos interesses em conjunto, com o objetivo de identificar os valores que podem ser usados para orientar a tomada de decisão sobre a apropriação da terra. Esta infraestrutura, estimula as pessoas a focar no benefício de um planejamento

abrangente do uso do solo e enfatiza a integração dos objetivos ambientais e econômicos. A infraestrutura verde é fundamental à manutenção e ao crescimento de uma cidade.

A Infraestrutura Verde beneficia o meio ambiente, pois é uma sinergia entre fatores econômicos, ambientais, saúde e sociais que caminham de braços dados. Os benefícios da Infraestrutura Verde são mais evidentes em áreas urbanas e suburbanas, onde o espaço verde é limitado e o dano ambiental mais expressivo.

Os benefícios da Infraestrutura Verde incluem a redução e retenção dos volumes de água da chuva e a diminuição do pico de escoamento, utilizando a capacidade de absorção do solo e dos vegetais. Por aumentar a área verde, essas técnicas aumentam as taxas de infiltração e evapotranspiração reduzindo, substancialmente, ou completamente, a quantidade de água a ser conduzida para lagos, rios ou córregos.

#### **4.4.1 Técnicas compensatórias de infraestrutura verde**

Para Herzog (2009), a incorporação das técnicas de infraestrutura verde à escala local tem como objetivo, manter ou recuperar, mesmo que parcialmente, a funcionalidade da paisagem, através da mitigação dos impactos da urbanização. Herzog (2009), diz ainda que, uma das principais funções da infraestrutura verde é solucionar problemas de drenagem urbana, onde as tipologias de infraestrutura verde, em sua maioria, dão visibilidade aos processos naturais das águas. Dentre os objetivos do emprego das tipologias de infraestrutura verde para o manejo das águas pluviais, pode-se citar: proteger os corpos d'água urbanos, melhorar e garantir a qualidade das águas, desacelerar ou reter o fluxo de escoamento das águas pluviais, controlar as enchentes, controlar a erosão, minimizar os impactos hidrológicos nas áreas urbanizadas, embelezar a paisagem e promover a biodiversidade.

De acordo com Cingapura (2011), a incorporação das técnicas de infraestrutura verde às áreas já urbanizadas, é feita através da adaptação das edificações e demais espaços públicos ou privados existentes. Em geral, seus custos de implantação são pequenos comparados ao custo de uma rede de drenagem urbana, enquanto que os benefícios ambientais resultantes são muitos.

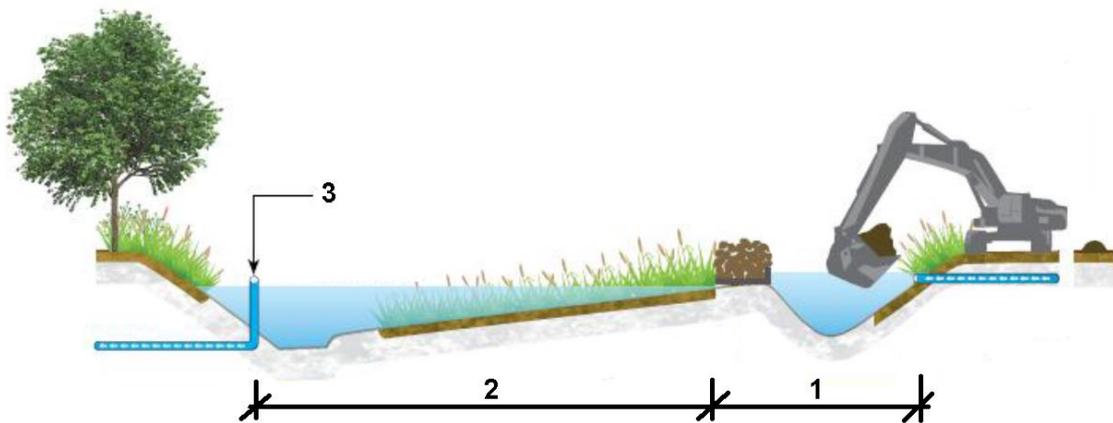
De acordo com Cingapura (2011), dentre as diversas técnicas compensatórias de infraestrutura verde que podemos citar algumas:

### a) Alagado Construído

O uso do alagado construído (Figura 13), é amplamente adotado em muitos ambientes urbanos, e devem ser construídos com atenção aos padrões de drenagem decorrentes das alterações urbanas. Os alagados construídos são áreas alagadas que recebem as águas pluviais, promovem a retenção e a remoção de contaminantes. Consistem em uma extensa superfície vegetada que é coberta por água, normalmente com pouca profundidade, e geralmente são formados por três partes:

- (1) Zona de entrada, concebida como uma bacia de sedimentação para remover os sedimentos grossos e de médio porte;
- (2) Zona macrófita: uma área rasa com muita vegetação para remover partículas finas e poluentes solúveis;
- (3) Canal de “bypass” de alto fluxo, para proteger a zona de macrófitas.

Figura 13: Alagado construído



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem de Cingapura, ABC Waters Design Guidelines, 2011.

Podem ser construídos em diferentes escalas, desde o edifício a parques e até a escala de grandes sistemas regionais. O tamanho do alagado construído é dimensionado de acordo com o volume da contribuição de água captada, o que faz da sua aplicação muito versátil. Em áreas altamente urbanizadas eles podem ter um

limite e uma forma rígidos e ser parte integrante da paisagem urbana ou em pátios dos edifícios. Nas escalas regionais, eles podem ser bastante grandes ocupando área relativas a alguns hectares e podem fornecer habitat significativo para a vida silvestre. (CINGAPURA, 2011)

### b) Bioengenharia

A bioengenharia (Figura 14), complementa e melhora métodos da engenharia tradicional. Consiste em estruturas biotécnicas voltadas, a estabilização do solo, que combinam vegetação com materiais de construção tradicionais (blocos de concreto, mantas geotêxteis etc.). Suas principais aplicações são direcionadas para o reforço de locais de instabilidades, como encostas e margens de rios.

Soluções de bioengenharia oferecem múltiplos benefícios, como: aumento na estabilidade das encostas através do reforço e drenagem do solo pelas raízes, proteção contra erosão superficial, melhora do regime hídrico do solo, criação e provisão de habitats para a fauna e flora locais, estética naturalizada, entre outros.

Dentre as diversas técnicas de bioengenharia, pode-se citar: gabiões vegetados (estruturas armadas preenchidas por pedras em forma de caixa flexíveis e drenantes combinadas com vegetação) ou, estacas vivas (muros de pedra vegetados) (ARAUJO *et al.*, 2008).

Figura 14: Bioengenharia

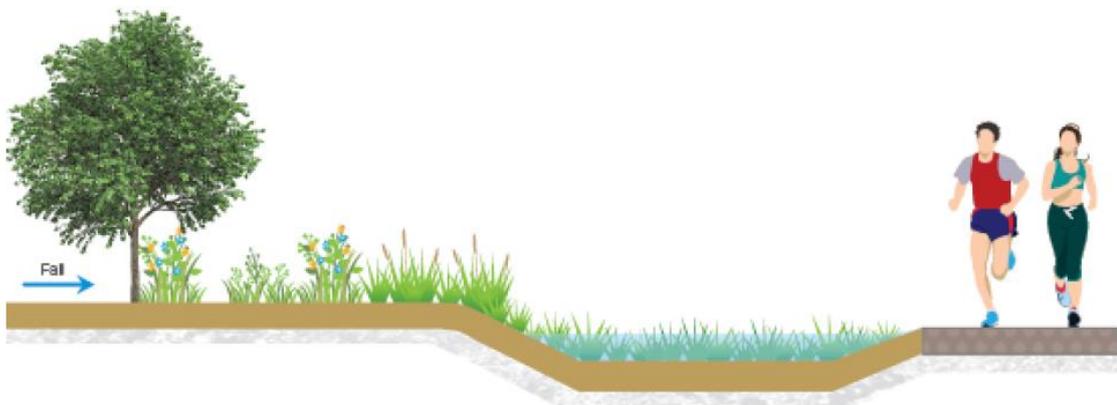


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagem de Cingapura, 2011.

### c) Jardim de Chuva

Jardim de chuva (Figura 15), são jardins em cotas mais baixas que recebem as águas da chuva de superfícies impermeáveis adjacentes. Podem ser incorporados de maneira relativamente fácil e integrar de forma eficaz os sistemas de drenagem urbanos. Tem como função, além de diminuir o fluxo de água para os bueiros e canais, exerce também uma forma de purificação das águas pluviais antes de serem descarregadas nos receptores, proporcionando benefícios provenientes da vegetação, como: manutenção da biodiversidade, aumento da evapotranspiração, moderação de ilha de calor e captura de carbono. (CINGAPURA, 2011)

Figura 15: Jardim de chuva



Fonte: Cingapura, 2011

### d) Muro vegetal

O muro vegetal (Figura 16), pode ser projetado tanto em muros particulares, quanto em grandes fachadas. Dentre seus benefícios estão: conforto térmico no interior da edificação, biodiversidade, retenção de águas da chuva e retardamento de sua entrada no sistema de drenagem urbana e despoluição do ar (HERZOG, 2009).

Figura 16: Muro vegetal



Fonte: Cingapura, 2011

### e) Pavimentos drenantes

Os pavimentos drenantes (Figura 17), são uma solução para reduzir a impermeabilidade das superfícies urbanas, uma vez que permitem a infiltração das águas pluviais. Seu principal benefício é a redução do escoamento superficial e consequentemente das inundações. Podem ser usados em calçadas, vias, estacionamentos, pátios, quintais residenciais, parques e praças. Dentre as opções de materiais pode-se citar: asfalto poroso, concreto permeável, brita e pedriscos (HERZOG, 2009).

Figura 17: Pavimentos drenantes



Fonte: Cingapura, 2011.

### f) Telhado verde

O telhado verde (Figura 18), consiste no recobrimento das coberturas das edificações com vegetação. As águas pluviais podem ser coletadas e purificadas nestes telhados e depois conduzidas e armazenadas para usos futuros. Suas principais funções e benefícios são: retenção e retardamento da entrada das águas no sistema de drenagem, filtragem da água da chuva, melhora do micro-clima com o aumento da umidade através da evapotranspiração, redução da temperatura interna das edificações, promoção de habitat para fauna e flora, entre outros. (HERZOG, 2009)

Figura 18: Telhado verde



Fonte: <https://sustentarqui.com.br/vantagens-e-desvantagens-de-um-telhado-verde/>  
Acesso em: Out/2018

## 4.5 Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana

Devido ao seu potencial em reter parcela do volume das águas de chuva e em atrasar e diminuir as vazões de pico nas redes pluviais urbanas, os telhados verdes são uma opção de técnica compensatória em drenagem urbana, voltada para as tendências atuais de desenvolvimento sustentável. Pode ser destacado que o efeito de sua ampla adoção pode ser expressivo, considerando que as coberturas

representam grande parcela das áreas que são praticamente impermeáveis nos centros urbanos.

Os telhados verdes são capazes de reduzir a geração de escoamentos superficiais a partir da retomada de processos do ciclo hidrológico (retenção superficial, evapotranspiração, infiltração e armazenamento) que foram reduzidos significativamente, ou perdidos, com a impermeabilização dos espaços no processo de urbanização.

De acordo com Poë *et al.* (2011), inúmeros programas de pesquisa sobre telhados verdes relataram níveis de retenção altamente variáveis. Essas variações são reflexo das diversas definições tomadas e das particularidades de cada ensaio, em que vários tipos de configurações podem ser estabelecidos para os protótipos, além das diferentes condições climáticas dos locais de realização.

Observa-se que existem diversos fatores que afetam a performance de telhados verdes em sua aplicação como técnica compensatória. Pode ser destacado que esses fatores podem ser tanto de origem externa, relacionadas ao meio em que o telhado foi implantado, como também de suas características técnicas, relacionadas ao seu sistema, concepção, materiais e vegetação adotados.

Como fatores do meio externo podem ser mencionados as condições climáticas específicas do local onde o telhado verde encontra-se instalado, como, valores médios característicos de temperatura, umidade, incidência de sol e influência de ventos.

No que diz respeito às características técnicas do telhado verde, estas podem influenciar na sua capacidade como técnica compensatória: sua idade, o tipo de sistema adotado, as espessuras das camadas, a declividade do telhado, as características dos materiais de cada camada, as condições de umidade inicial do substrato, e os valores de retenção superficial e evapotranspiração da vegetação adotada.

Palla *et al.* (2008), apresentam que as variáveis mais importantes no escoamento da água através dos telhados verdes são: a chuva (intensidade, duração), o substrato (tipo, condutividade hidráulica e estágio de saturação) e o processo de perda de água do sistema (evapotranspiração).

De acordo com Kasmim *et al.* (2014), durante um evento de chuva, os principais mecanismos hidrológicos em telhados verdes são: a interceptação e

retenção da chuva pela vegetação, infiltração e retenção no substrato e armazenamento na camada de drenagem.

De acordo com Kasmin *et al.* (2014), a capacidade de retenção ou de armazenamento de um telhado verde, é a diferença existente entre a capacidade máxima do substrato em reter água, conhecida como capacidade de campo, e o mínimo de água que deve existir no substrato para a sobrevivência das plantas, denominado de ponto de murcha.

#### **4.5.1 A influência da intensidade de chuva**

A capacidade de retenção de água de chuva por coberturas verdes reduz com o aumento da intensidade de chuva. Os telhados verdes podem atrasar o tempo de início do escoamento superficial através da retenção da água de chuva pela camada de substrato antes deste saturar. Uma vez que o substrato fica saturado, a precipitação que incide sobre o telhado torna-se escoamento superficial (KOK *et al.*, 2014).

De acordo com a pesquisa realizada por Lee *et al.* (2013), o telhado verde apresenta elevada capacidade de retenção para precipitações com intensidades inferiores a 20 mm/h, no entanto, quando a intensidade da precipitação aumenta, a capacidade de retenção do telhado verde diminui.

Fazendo uma análise da cidade de Fortaleza, foco desta pesquisa, segundo dados da Funceme (2018), em 09 de março de 2017 a capital registrou a maior chuva do ano, com 110mm/dia, compreendendo a situação mais crítica para o sistema de drenagem urbana da capital durante o ano. O volume médio de chuva por hora nesta data, correspondeu a 4,58 mm/h, desta forma podemos afirmar que pelos resultados apresentados por Lee *et al.* (2013), apresentados neste tópico, o telhado verde agiria de forma eficiente na compensação da Drenagem Urbana.

#### **4.5.2 A influência do clima local**

A temperatura, a velocidade do vento e outros fatores meteorológicos influenciam na evapotranspiração e assim, acabam afetando a capacidade de armazenamento de água retida pelo telhado verde. Em regiões de clima quente, a

água retida pelo substrato, sofre o processo de evapotranspiração de forma mais rápida, baixando o volume acumulado no sistema e conseqüentemente aumentando novamente a capacidade de retenção. Este processo resulta em um melhor desempenho de armazenamento no início de um evento chuvoso (KASMIN *et al.*, 2014).

Ainda de acordo com Kasmin *et al.* (2014), foram desenvolvidos estudos em telhados verdes na Malásia, país do sudeste asiático, que altos níveis de retenção de água de chuva podem ser obtidos com as condições climáticas locais.

Segundo dados da METMalaysia (2018), a Malásia possui temperatura média anual de 28 °C, umidade relativa anual em torno de 80% e precipitação em torno de 2000 mm/ano, características climáticas muito próximas do município de Fortaleza segundo dados do INMET (2018), onde a temperatura média anual é de 27 °C, umidade relativa anual em torno de 80% e precipitação em torno de 1600 mm/ano. De acordo com estes dados, pode-se concluir que o telhado verde estudado por Kasmin *et al.* (2014), poderá apresentar bom desempenho no município de Fortaleza.

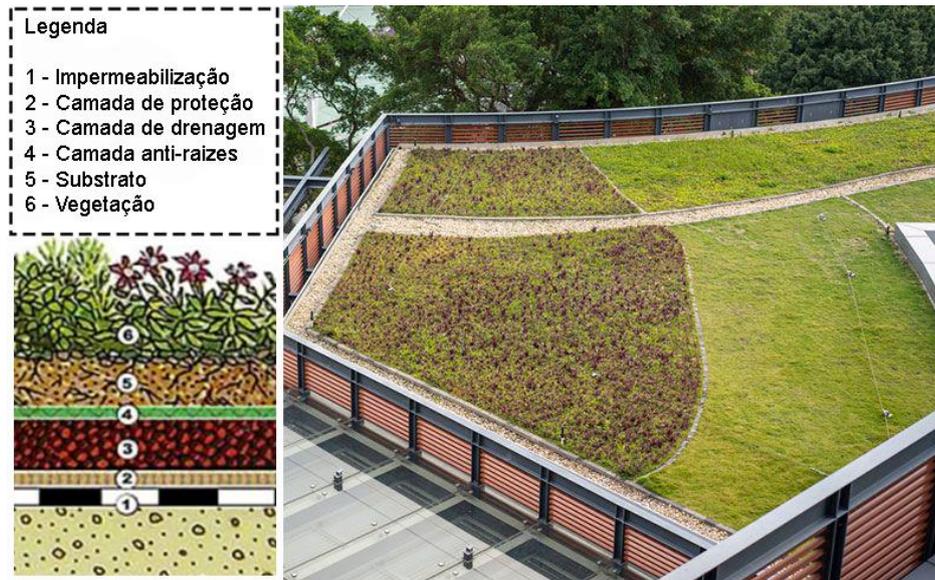
#### **4.5.3 A influência da declividade do telhado verde**

VanWoert *et al.* (2005), realizaram experimentos com um telhado verde extensivo, onde foi investigado a influência da inclinação na retenção da água precipitada. Para isto foram utilizadas as inclinações de 2% e 6,5% em telhados com a mesma composição técnica.

Os telhados verdes extensivos (Figura 19), se caracterizam por serem estruturas mais simples, leve e por necessitar de menor quantidade de substrato. A vegetação é composta basicamente por plantas de pequeno porte e necessitam de pouca manutenção (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

Segundo VanWoert *et al.* (2005), para todos os eventos de chuva, o telhado verde com inclinação de 2% obteve maior retenção de água, com média de 87%, contra 82,8% do telhado com 6,5% de declividade. Os autores concluíram que a inclinação influencia na quantidade total de escoamento superficial.

Figura 19: Telhado Verde Extensivo



Fonte: Elaborado pelo autor a partir da imagem de SAVI, 2012

Conforme as características de inclinação dos telhados verdes no experimento de VanWoert et al. (2005), a tipologia das casas na cidade de Fortaleza, com predominância dos telhados do tipo colonial, contendo inclinações em torno de 25% (Figura 20), não são favoráveis a uma boa eficiência de retenção de água. No entanto, os edifícios na sua grande maioria, possuem lajes impermeabilizadas com inclinações em torno de 2% (Figura 21), favorecendo assim a implantação da técnica.

Figura 20: Telhados - Casas em Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de uma vista aérea

Figura 21: Telhados - Edifícios em Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de uma vista aérea

#### 4.5.4 A influência do substrato

Para Poë *et al.* (2011), a água irá sempre preencher os poros do substrato, devido a forças coesivas entre as moléculas de água.

Poros de diferentes tamanhos proporcionam importantes funções, como as apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Funções dos diferentes tamanhos de poros em substratos

| <b>Classificação substrato</b> | <b>Granulometria</b>  | <b>Função</b>   |
|--------------------------------|---|---|
| Transmissivo                   | Maiores que 50 $\mu\text{m}$<br>( $50 \times 10^{-6} \text{ m}$ )   | Garante a drenagem na saturação e penetração da raiz                  |
| Armazenamento                  | Entre 0.2 e 50 $\mu\text{m}$  | Retém água para consumo da planta                                     |
| Residual                       | Menores que 0.2 $\mu\text{m}$<br>( $0.2 \times 10^{-6} \text{ m}$ ) | Capacidade de retenção de água baixa e não é recomendado para plantas |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Poë *et al.*, 2011

O solo do telhado verde naturalmente apresenta na composição do substrato uma fração considerável de areia (Tabela 3), o que proporciona maior porosidade em seu perfil, influenciando diretamente no aumento do tempo necessário para que o solo atinja o estado de saturação (REICHARDT, 1990).

Tabela 3: Composição do substrato em telhados verdes

| <b>Tipo do Telhado verde</b> | <b>Argila (%)</b> | <b>Areia (%)</b> | <b>Silte (%)</b> | <b>Matéria Orgânica (%)</b> |
|------------------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| <b>Extensivo</b>             | 5,7               | 80,07            | 14,23            | 14,9                        |
| <b>Semi-Intensivo</b>        | 5,69              | 80,01            | 14,30            | 12,7                        |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Reichardt, 1990

#### **4.5.5 A influência da vegetação**

De acordo com Nascimento (2015), o tipo de vegetação dos telhados também pode influenciar na quantidade de água retida ou que escoar, em função da capacidade de interceptação, retenção e transpiração da planta.

Em experimentos realizados por VanWoert (2005) chegou-se à conclusão que a capacidade de retenção de água de chuva pela vegetação foi mínima, em relação ao substrato.

Vieira e Palmier (2006) apresentam um exemplo de estimativa experimental da interceptação por parte da vegetação em áreas florestadas, encontrando o valor de 23% da precipitação sendo retida pela camada da vegetação.

Em relação às perdas por evapotranspiração, de acordo com Poë *et al.* (2011), estas estão relacionadas, primeiro, às características da planta, como por exemplo a área e formato da folha, que influencia no volume de água que é interceptado e pode evaporar de volta para atmosfera, ou, segundo, à fisiologia da planta, que influi na taxa de transpiração de água dos poros do solo.

Em experimentos com diferentes espécies de plantas, Nagase e Dunnett (2012), obtiveram o resultado de que o uso de gramíneas (grama), são mais efetivas na redução do escoamento das águas pluviais,

Em Fortaleza, o uso de vegetação gramínea em telhados verdes, representa um fator positivo e viável, tendo em vista que a região é um grande produtor de grama esmeralda, uma espécie vegetal extremamente utilizada na composição de jardins e de fácil manutenção.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O conceito da drenagem urbana vem evoluindo com tempo, de acordo com a percepção do quanto o meio ambiente é sensível às intervenções humanas. Hoje, já se sabe que as práticas sanitárias de evacuação rápida das águas pluviais através de obras hidráulicas não são tão eficazes quanto o devido planejamento de ocupação do solo e a adoção de medidas compensatórias, posturas essas que caracterizam um novo conceito de drenagem urbana.

De acordo com a pesquisa, foi observado que a problemática gerada pelo impacto das chuvas na rede de drenagem de Fortaleza tem sido um problema constante e tem afetado grande parte da população devido o surgimento de alagamentos e inundações. Os problemas ambientais urbanos identificados, apresentaram ampla distribuição espacial e generalização na desorganização da mobilidade urbana, como também danos em residências, estruturas construídas e interrupção de serviços.

O crescimento desenfreado das áreas urbanas da cidade de Fortaleza juntamente com a falta de planejamento, apresentam um cenário onde a impermeabilização do solo, foi identificada como uma das principais causas para saturação da rede de drenagem de águas pluviais.

A partir da pesquisa realizada, é possível concluir que a cidade de Fortaleza/CE, possui características climáticas e tipologia construtiva favoráveis a implementação da técnica dos telhados verdes. Dentro dos parâmetros destas características, os telhados verdes de fato, apresentaram condições de contribuir de forma significativa para rede de drenagem urbana, sendo uma alternativa viável e eficiente na compensação da redução de áreas permeáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIENSE, J. M., 2013, Avaliação de técnicas compensatórias em drenagem urbana baseadas no conceito de desenvolvimento de baixo impacto, com o apoio de modelagem matemática, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CANHOLI, A. P., 2014, Drenagem urbana e controle de enchentes, 2ª edição, Oficina de Textos, ISBN 978-85-7975-160-8, São Paulo, SP, Brasil.

CARNEIRO, P. R. F., MIGUEZ, M. G., 2011, Controle de Inundações em Bacias Hidrográficas Metropolitanas, 1ª edição, Annablume, ISBN 978-85-391-0227-3, São Paulo, SP, Brasil.

CARVALHO, José Camapum de; LELIS, Ana Cláudia. Cartilha Infiltração - Volume 2. Série Geotecnia UnB. Brasília, 2010.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.  
Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acesso em: 10 de outubro de 2018

GETTER, K. L., ROWE, D. B., ANDRESEN, J. A., 2007, “Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention”, *Ecological Engineering*, v. 31, p. 225-231.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 de março de 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia Disponível em:  
<http://www.inmet.gov.br/portal>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2018

IPEA – Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada, 2006, Texto para Discussão 1155 - Um Exame dos Padrões de Crescimento das Cidades Brasileiras. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4322&Itemid=1](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4322&Itemid=1)>, acesso em 30/03/2018.

Jornal Diário do Nordeste, 2018. Disponível em:

<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/online/chuva-intensa-volta-a-atingir-a-regiao-metropolitana-de-fortaleza-1.1535666>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

KASMIN, H., STOVIN, V., DE-VILLE, M. R., 2014, “Evaluation of Green roof hydrological Performance in a Malaysian Context”, In: Proceedings of the 13th International Congress On Urban Drainage, Kuching, Sarawak, MY.

KOK, K. H., SIDEK, L. M., ZAINALABIDIN, M. R., 2014, “Evaluation of Green Roof as Green Technology for Urban Stormwater Quantity and Quality Controls”, In: Proceedings of the 13th International Congress On Urban Drainage, Kuching, Sarawak, MY.

LEE, J. Y., MOON, H. J., KIM, T. I., KIM, H. W., HAN, M. Y., 2013, “Quantitative analysis on the urban flood mitigation effect by the extensive green roof system”, Environmental Pollution, v. 181, p. 257-261.

Köppen Classification, 2017. Disponível em: <http://www.weatherbase.com>  
Acesso em: 30 de março de 2018.

METMalaysia – Jabatan Meteorologi Malaysia. Disponível em:

<http://www.met.gov.my/home>. Acesso em: 11 de outubro de 2018

MIGUEZ, M.G., MASCARENHAS, F.C.B., MAGALHÃES, L.P.C., 2007, “Multifunctional Landscapes for Urban Flood Control In Developing Countries”, International Journal of Sustainable Development and Planning, v. 2, n. 2, p. 153-66.

NAGASE, A., DUNNETT, N., 2012, "Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plants species, diversity and plants structure", *Landscape and Urban Planning*, v. 104, p. 356-363.

NASCIMENTO, C. M. N., 2015, *Avaliação das relações chuva-vazão em telhados verdes modulares sob chuva simulada induzida*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

OHNUMA JR. A. A., ALMEIDA NETO, P., MEDIONDO, E. M., 2014, "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.

OLIVEIRA, E. W. N., 2009, *Telhados verdes para habitação de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PALLA, A., LANZA, L. G., LA BARABERA, P., 2008, "A green roof experimental site in the Mediterranean climate", In: *Proceedings of the 11th International Congress On Urban Drainage*, Edinburgh, Scotland, UK.

Plano Municipal de Saneamento Basico (2015). Disponível em:

[https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano\\_municipal\\_de\\_drenagem.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_drenagem.pdf). Acesso em 05 de março de 2017.

POË, S., STOVIN, V., DUNZIGER, Z., 2011, "The Impact of Green Roof Configuration on Hydrological Performance", In: *Proceedings of the 12th International Congress On Urban Drainage*, Porto Alegre, RS, Brasil.

REICHARDT, K. *A Água em Sistemas Agrícolas*. São Paulo: Manole, 1990.

ROAF, S; Fuentes, M; Thomas, S. *Ecohouse: A casa ambientalmente sustentável*. Porto Alegre: Bookman 2006.

SILVA, T. F., PAIVA, A. L. R., SANTOS, S. M., 2015, “Capacidade de retenção de água em um telhado verde: Estudo de caso em Caruaru”, XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, DF, Brasil.

SILVEIRA, A. L. L., 2002, Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão, Gestores Regionais de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

STOVIN, V., 2010, “The potential of green roofs to manage Urban Stormwater”, Water and Environment Journal, v. 24, p. 192-199.

TASSI, R., TASSINARI, L. C. S., PICCILLI, D. G. A., PERSCH, C. G., 2014, “Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais”, Ambiente Construído, v. 14, n. 1, p. 139-154.

TEIXEIRA, Paula de Castro; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira; REIS, Ricardo Prado de Abreu. Análise da qualidade da água de chuva drenada por coberturas verdes: Estudo piloto. XII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, Passo Fundo, 2011.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015, World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, (ST/ESA/SER.A/366). Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>>, acesso em 21 de março de 2018.

VANWOERT, N. D., ROWE, D.B., ANDRESEN, J.A., RUGH, C.L., FERNANDEZ, R.T., XIAO, L., 2005, “Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth”, Journal of Environmental Quality, v. 34, p. 1036-1044.

VASCONCELLOS, A. A. “Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana” 1ª edição – Curitiba, 2015

VERSINI, P., GIRES, A., ABBES, J., GIANGOLA-MURZYN, A.,  
TCHINGUIRINSKAIA, I., SCHERTZER, D., 2014, "Simulation of Green Roof Impact  
at Basin Scale by Using a Distributed Rainfall-Runoff Model", In: Proceedings of the  
13th International Congress On Urban Drainage, Kuching, Sarawak, MY.

VIEIRA, C. P., PALMIER, L. R., 2006, "Medida e Modelagem da Interceptação da  
Chuva em uma Área Florestada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas  
Gerais", Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11, n. 3, p. 101-112.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ineficiência do planejamento urbano tem sido pauta em diversas discursões sobre o desenvolvimento das cidades, devido a problemática que o próprio homem gerou em torno do meio ambiente. Nas grandes cidades, é possível identificar uma série de impactos ambientais ocasionados pela redução de áreas verdes e o alto crescimento de áreas revestidas por concreto e asfalto. Questões como esta tem gerado consequências desastrosas para o meio ambiente e conseqüentemente para a sociedade.

O telhado verde, se apresenta como uma alternativa eficiente para compensação da supressão de áreas verdes em centros urbanos, devido a sua vasta possibilidade de implantação mesmo em áreas com concentração de edificações verticalizadas, o que propicia ainda mais o reestabelecimento social, ambiental e econômico da região.

A compensação social está no surgimento de espaços mais agradáveis para se viver e a possibilidade de o homem tornar a manter contato com a natureza no meio da cidade construída, como também na capacidade de absorver volumes de água de chuva precipitada e liberá-la de forma controlada, reduzindo e atrasando os picos de vazão do escoamento, aliviando, desta forma, as galerias de drenagem existentes, contribuindo para que não ocorram enchentes nas cidades, de forma a evitar a mobilização da população que ocorre frente a esta catástrofe .

Na questão econômica, o telhado verde tem a potencialidade de gerar emprego e renda através do cultivo de flores, hortaliças e árvores frutíferas para comercialização em pequena e média escala.

Os benefícios de reestabelecimento ambiental são inúmeros como apresentado na pesquisa, onde o uso da técnica do telhado verde em empreendimentos garante uma série de vantagens, não só para o proprietário, como para a sociedade urbana, através do conforto térmico, redução de ruídos e maior controle do ecossistema através redução de transbordamento de bacias fluviais.

No transcórrer desta pesquisa foram apresentados vários benefícios que o telhado verde proporciona para a cidade, tendo como pontos de destaque a grande contribuição ecológica, qualidade de vida para a população e a perspectiva de construir uma cultura responsável, voltada às questões da sustentabilidade, que deixa

de ser uma competência exclusivamente governamental e passa a ser possível ao cidadão comum, as cidades pequenas, médias e grandes.

Precisamos deixar para as futuras gerações o que provamos ser possível no nosso presente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Carmosa. Telhados verdes. 2009. Disponível em:

<http://obviousmag.org/archives/2009/06/telhadosverdes.html>. Acesso em: 21 de março de 2017.

ARAÚJO, Sidney Rocha de. As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos. Soropédica, RJ, 2007.p.5

ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antônio Jose Teixeira. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. 3ª edição Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p166-198, 2008.

BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. Ecological Engineering, v. 36, n. 4, p. 351-360, 2010.

CINGAPURA. ABC Waters Design Guidelines. Cingapura: Public Utilities Board ("PUB"), 2ªedição, 2011.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

DI GIOVANNI, Rodrigo; CRUZ, Taison de Assis ds. Telhado verde: Estudo de caso. São Paulo, (2010).

DISCOVERY, Channel. As Sete Maravilhas da Antiguidade. Disponível em:

<http://discoverydocs.net/2010/01/download-the-history-channel-as-sete-maravilhas-da-antiguidade-dublado>. Acesso em: 29 de junho de 2016.

DUARTE, Denise Helena. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental; método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Estruturas Ambientais Urbanas) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DUNNETT N, NAGASE A, BOOTH R, GRIME P. 2008. Vegetation composition and structure significantly influence green roof performance. *Urban Ecosystems* 11: 385–398.

GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

HENEINE, Maria Cristian de Souza. Cobertura verde. Belo Horizonte, UFMG.2008. Monografia do curso de especialização em construção civil.p.12.

HERZOG, Cecília; ROSA, Lourdes Z. Infraestrutura verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. São Paulo: Revista LABVERDE, FAU-USP, edição 1, outubro, 2010. Disponível em: <http://www.revistalabverde.fau.usp.br/artigos/>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.

Historia de la Geotecnia - Perfil Histórico de la Mecánica de Suelos, su realidad presente y perspectivas futuras - Conferencia de 1982 del Dr. Victor B.F. De Mello en Argentina Disponível em: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2013/06/historia-de-la-geotecnia-perfil.html> Acesso em: 05 de março de 2017.

IGRA – International Green Roof Association, 2015, New Online Database for Green Roof Policies. Disponível em: <<http://www.igra-world.com/index.php>>, Acesso em 12 de setembro de 2017.

KLINKENBORG, Verlyn. O céu é verde. A idéia dos jardins suspensos floresce em cidades cujas alturas permitem esses espaços naturais. 2009. Disponível em: <http://viajeaquibril.com.br/national-geographic/edicao-110>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2017.

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando O. R. Eficiência energética na arquitetura. Ilustrações de Luciano Dutra. São Paulo: P.W., 1997. 192p.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois, FARIAS; Maria S.S. de; ARAÚJO, Aline de Farias. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. 2008. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/viewFile/128/101>> Acesso em: 12 de março de 2016.

OKE, T. R. Boundary Layer Climates -2nd ed. London: Routledge, 1987.

OKE, T.R. The energetic base of urban heat island. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society. London, Elsevier Science, 108, p. 1-24, 1982.

Organização das Nações Unidas – ONU. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/> Acesso em: 20 de novembro de 2016

PIERGILI, Alexander Van Parys. Por que utilizar telhados verdes? São Paulo. 2007. Disponível em: [http://sitiogralhaazul.net/dev15/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42:por-que-utilizar-telhados-verdes&catid=30:design-ecologico](http://sitiogralhaazul.net/dev15/index.php?option=com_content&view=article&id=42:por-que-utilizar-telhados-verdes&catid=30:design-ecologico). Acesso em: 22 de setembro de 2017.

ROMERO, M. A. B. A arquitetura bioclimática do espaço público.ed. UNB. Coleção arquitetura e urbanismo: Brasília, 2001.

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.

Sustentarq. <https://sustentarqui.com.br/vantagens-e-desvantagens-de-um-telhado-verde/> Acesso em: Out/2018

Fui Ser Viajante. Disponível em: <https://www.fuiserviajante.com> Acesso em 05 de março de 2017.

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)> –

Site traduzido. Acesso em: 15 de julho de 2016.

TEIXEIRA, Paula de Castro; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira; REIS, Ricardo Prado de Abreu. Análise da qualidade da água de chuva drenada por coberturas verdes: Estudo piloto. XII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, Passo Fundo, 2011.

TOMAZ, 2005. Telhado verde. 2005. Capítulo 10.

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

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.277-347.

VILELA, Soraia. Telhados verdes: pequenos pulmões para grandes cidades.

Disponível em: <[www.dw-world.de/dw/article/0,,1772334\\_page\\_2,00.html](http://www.dw-world.de/dw/article/0,,1772334_page_2,00.html)>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.