

ADALBERTO CIRO DE OLIVEIRA NETO

**COBERTURA VERDE: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO
JOSÉ DOS CAMPOS - SP**

ADALBERTO CIRO DE OLIVEIRA NETO

**COBERTURA VERDE: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO
JOSÉ DOS CAMPOS - SP**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva

Coorientadora: Prof^a. Dra. Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá - SP
2014

O48c	Oliveira Neto, Adalberto Ciro de Cobertura verde: estudo de caso no município de São José dos Campos - SP / Adalberto Ciro de Oliveira Neto – Guaratinguetá : [s.n], 2014. 93 f. : il. Bibliografia : f. 91-93 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Orientador: Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva Coorientadora: Prof^a Dr^a Márcia Regina de Freitas 1. Urbanização 2. Mudanças climáticas 3. Ilha de calor urbana 4. Sustentabilidade I. Título CDU 71
------	---

ADALBERTO CIRO DE OLIVEIRA NETO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Orientador/UNESP-FEG


Prof.ª. Dra. MARCIA REGINA DE FREIRAS
Coorientadora/UNESP-FEG


Prof. ALUÍZIO DE FRANÇA
UNESP-FEG

Fevereiro de 2015

Dedico este trabalho ao meu avô Adalberto, que na simplicidade da sua existência, não me engrandeceu apenas com o nome, mas me ensinou a necessidade de ser persistente e humilde quando trabalhamos em prol dos nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ser meu guia e me dar forças para enfrentar os desafios da vida.

A minha família por me incentivar e me apoiar em minha trajetória até a faculdade.

Aos meus amigos que me ensinaram muito e sempre estiveram presentes compartilhando momentos de alegria.

E ao meu orientador Enos, por me auxiliar na realização deste trabalho.

OLIVEIRA, A. C. N. **Cobertura Verde: estudo de caso no município de São José dos Campos**. 2014. 94 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Orientada pelos conceitos da arquitetura bioclimática e com vasta gama de benefícios, a cobertura verde se destaca como uma das técnicas ecológicas indicadas para minimizar os distúrbios climáticos decorrentes da urbanização. Todavia, pouco se sabe quais são os motivos que estão impedindo a sua disseminação entre os métodos construtivos. Para tentar compreender esse cenário desfavorável, foram coletados informações técnicas, históricas e urbanas do município de São José dos Campos, onde buscou-se analisar a potencialidade da cobertura verde como instrumento no combate do efeitos negativos da ilha de calor.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura verde. Telhado verde. Urbanização. Ilha de calor. Mudanças climáticas. Sustentabilidade.

OLIVEIRA, A. C. N. **Green Roof: study of case in the city of São José dos Campos.** 2014. 94 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

Guided by the concepts of bioclimatic architecture and wide range of benefits , the green roof stands out as one of the ecological techniques indicated to minimize weather disturbances arising from urbanization. However, little is known what are the reasons that are preventing its spread between the construction methods. To try to understand this unfavorable scenario , we collected technical , historical and urban information of São José dos Campos, where we attempted to analyze the potential of green roof as a tool against the negative effects of heat island .

KEYWORDS: Green roof . Urbanization. Heat island . Climate change. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jardim suspensos da babilônia.....	16
Figura 2 - Cobertura verde na Islândia.....	17
Figura 3 - Cobertura verde na Islândia.....	17
Figura 4 - Torre Guinigi.....	18
Figura 5 - Torre Guinigi.....	18
Figura 6 - Monastério São Michel.....	18
Figura 7 - Projeto Puggol Roof Garden.....	21
Figura 8 - Cobertura verde extensiva.....	22
Figura 9 - Cobertura verde extensiva.....	22
Figura 10 - Cobertura verde extensiva.....	23
Figura 11 - Cobertura verde semi-intensiva.....	23
Figura 12 - Cobertura verde semi-intensiva.....	24
Figura 13 - Cobertura verde semi-intensiva.....	24
Figura 14 - Cobertura verde intensiva.....	25
Figura 15 - Sistema alemão de cobertura verde.....	26
Figura 16 - Cobertura extensiva do "Museo Del Acero Horno 3" feito com sedum.....	27
Figura 17 - Tipos de Vermiculita Expandida.....	29
Figura 18 - Lã de rocha.....	30
Figura 19 - Poliestireno extrudado utilizado como isolante térmico em telhado convencional.....	33
Figura 20 - Ilustração da ilha de calor demonstrando a temperatura em diferentes áreas.....	45
Figura 21 - Ilustração das diferenças entre a zona rural e a área urbana que geram a ilha de calor.....	46
Figura 22 - Experimento para medição do ecotelhado.....	47
Figura 23 - Localização do município de São José dos Campos.....	56
Figura 24 - Igreja Matriz de São José dos Campos.....	58
Figura 25 - Estação da Estrada de Ferro Central do Brasil e arredores.....	59
Figura 26 - Sanatório Vicentina Aranha.....	59
Figura 27 - Via Dutra e ao fundo o Centro Técnico Aeroespacial - CTA.....	60
Figura 28 - Mapa de evolução urbana de São José dos Campos até 1960.....	62
Figura 29 - Conjuntos habitacionais na Região Leste e Projeto CURA.....	63
Figura 30 - Bairro Campos dos Alemães e Conjuntos Habitacionais da Região Sul.....	64
Figura 31 - Evolução urbana de São José dos Campos até 1986.....	64
Figura 32 - Evolução urbana de São José dos Campos até 2005.....	65
Figura 33 - Vista do Anel Viário e do bairro Jardim Aquários ao fundo.....	66
Figura 34 - Vista do Parque Vicentina Aranha e arredores.....	66
Figura 35 - Imagem: (a) dos canais visíveis do satélite Landsat 5 de São José dos Campos no dia 10/06/06 às 10:00h local e (b) espacialização da temperatura.....	67
Figura 36 - Espacialização da temperatura da área urbana de São José dos Campos no dia 02/02/06.....	68
Figura 37 - Espacialização da temperatura da área urbana de São José dos Campos no dia 03/08/05.....	68

Figura 38 - Área sobre o Jd. Morumbi para o dia 31/05/06 às 11:00h local: (a) visível e (b) termal.....	69
Figura 39 - Área sobre o Jd. Aquários para o dia 31/05/06 às 11:00h local: (a) visível e (b) termal.....	70
Figura 40 - Área sobre a General Motors para o dia 31/05/06 às 11:00h local: (a) visível e (b) termal.....	70
Figura 41 - Espacialização da temperatura na região do Aeroporto de São José dos Campos no dia 30/05/06 às 14:00 local para a (a) imagem diurna e às 21:00h local para a (b) imagem noturna.....	71
Figura 42 - Imagem externa do edifício	72
Figura 43 - Croqui da cobertura, área externa rachurada	73
Figura 44 - Área externa da cobertura do final 3.....	73
Figura 45 - Área externa da cobertura do final 1 e ao fundo do final 3	74
Figura 46 - Área externa da cobertura do final 1.....	74
Figura 47 - Área externa da cobertura do final 1 e ao fundo final 2	74
Figura 48 - Área externa da cobertura do final 2 e ao fundo divisa com o final 1	75
Figura 49 - Área externa da cobertura do final 2 e ao fundo, lado direito, final 1	75
Figura 50 - Área externa da cobertura do final 2.....	75
Figura 51 - Localização do edifício.....	76
Figura 52 - Espacialização da temperatura durante o verão na área urbana de São José dos Campos no dia 02/02/06, em evidência a área em estudo (círculo preto).....	77
Figura 53 - Espacialização da temperatura durante o inverno da área urbana de São José dos Campos no dia 03/08/05, em evidência a área em estudo (circulo preto).....	77
Figura 54 - Grama São Carlos (Axonopus compressus)	79
Figura 55 - Suporte Hexagonal com e sem grelha	79
Figura 56 - Suporte Aveolar	80
Figura 57 - Substrato de compostos orgânicos e sintéticos colocado no suporte Hexagonal ..	80
Figura 58 - Suporte Hexagonal preenchido com argila expandida	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Espécies de plantas adequadas a cobertura verde - condições climáticas de Curitiba	28
Quadro 2 - Espécies de plantas utilizadas pela Ecotelhado	28
Quadro 3 - Altura do substrato de acordo com a vegetação	30
Quadro 4 - Critérios para escolha da cobertura verde	37
Quadro 5 - Comparação entre a cobertura verde extensiva e intensiva.....	38
Quadro 6 - Estimativa de execução de cobertura verde extensiva	54
Quadro 7 - Estimativa de custo de cobertura verde extensiva.....	54
Quadro 8 - Distribuição da população por zona urbana e rural.....	57
Quadro 9 - Quantidade de domicílios por categoria.....	57
Quadro 10 - Crescimento populacional desde 1940.....	57
Quadro 11 - Carga accidental para lajes de edifícios residenciais	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução das temperaturas internas e externas das caixas	48
Gráfico 2 - Evolução das temperaturas do telhados em relação a temperatura ambiente	49
Gráfico 3 - Comparação de custos entre os sistemas de cobertura.....	52
Gráfico 4 - Comparação de carga entre os sistemas de cobertura	52
Gráfico 5 - Comparação de custo e carga entre os sistemas de cobertura	53
Gráfico 6 - Distribuição de vagas formais por setor.....	56

Sumário

1 INTRODUÇÃO.	13
2 OBJETIVO.	14
3 METODOLOGIA.	15
4 COBERTURA VERDE.	16
4.1 HISTÓRICO	16
4.2 CARACTERÍSTICA	20
4.2.1 Cobertura verde extensiva	21
4.2.2 Cobertura verde semi-intensiva	23
4.2.3 Cobertura verde intensiva	25
4.3 ESTRUTURA DA COBERTURA VERDE	26
4.3.1 Vegetação	27
4.3.2 Camada de substrato	29
4.3.3 Camada filtrante	30
4.3.4 Camada drenante	31
4.3.5 Isolamento térmico	32
4.3.6 Proteção anti-raíz	33
4.3.7 Camada de impermeabilização	33
4.3.8 Suporte estrutural	34
4.3.9 Irrigação	35
4.3.10 Manutenção	35
4.4 AS VANTAGENS DA COBERTURA VERDE	35
4.5 ESCOLHA DO TIPO DA COBERTURA VERDE.	37
5 COBERTURA VERDE, URBANIZAÇÃO E CLIMA.	39
5.1 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	41
5.2 REGIONALISMO	42

5.3 O PAPEL DOS ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS.....	43
5.4 CLIMA URBANO	44
5.5 ILHA DE CALOR.....	45
5.6 COBERTURA VERDE E MINIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES TERMOHIGROMÉTRICAS LOCAIS.....	47
5.7 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COBERTURAS VERDES E SISTEMAS TRADICIONAIS DE TELHADO NO BRASIL	50
6 ESTUDO DE CASO.	56
6.1 MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	56
6.1.1 Histórico	58
6.1.2 Processo de urbanização.....	61
6.1.3 Evidências da ilha de calor	67
6.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	71
6.2.1 Contexto Urbano	76
6.2.2 Análise técnica da implementação da cobertura verde.....	78
6.2.2.1 Tipo de cobertura verde.....	78
6.2.2.2 Vegetação	79
6.2.2.3 Substrato	80
6.2.2.4 Camada drenante	81
6.2.2.5 Impermeabilização.....	82
6.2.2.6 Irrigação.....	83
6.2.2.7 Manutenção	83
6.2.3 Viabilidade econômica	84
6.2.4 Análise Estrutural	87
7 CONCLUSÃO.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	91

1 INTRODUÇÃO

Sob a perspectiva da sustentabilidade, a cobertura verde, técnica construtiva orientada pelos conceitos da arquitetura bioclimática, vem se destacando. Também conhecida como telhado verde, telhado ecológico e *Green Roof*, em inglês, a cobertura verde caracteriza-se pela utilização de vegetação como cobertura de estruturas de qualquer porte.

Todavia, muito se cogita sobre a utilização da cobertura verde como solução dos problemas advindos da intensa urbanização. Entretanto, pouco se sabe quais são os motivos que estão impedindo a aplicação da cobertura verde nas edificações. Neste contexto, o estudo de caso, utilizando da cidade de São José dos Campos, vem explorar os conceitos pertinentes a cobertura verde com a intenção de verificar a sua capacidade de contribuir para o equilíbrio do clima urbano. Este trabalho de graduação contém três capítulos.

No Capítulo 4 foram abordados os aspectos históricos e característicos da cobertura verde, relatando a sua origem e seu desenvolvimento ao longo da história, além dos benefícios da sua inserção no ambiente urbano.

O Capítulo 5 apresenta a relação entre cobertura verde, urbanização e clima, comentando como os aspectos da arquitetura bioclimática e os conceitos do regionalismo, contribuem para o desenvolvimento da cobertura verde frente aos impactos climáticos decorrentes da urbanização. Constam, também, informações sobre o potencial da cobertura verde tanto nos quesitos técnicos quanto comparado a outros sistemas construtivos de telhado.

O Capítulo 6 é um estudo de caso dividido em duas vertentes: a primeira evidencia através do município de São José dos Campos a colaboração da urbanização na intensificação da ilha de calor e a segunda vertente utiliza um projeto fictício de cobertura verde no qual foi analisado as questões técnicas, econômicas e estruturais, procurando identificar as dificuldades que existem na implantação da cobertura verde.

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal estudar os conceitos da cobertura verde e verificar o potencial de utilização desta técnica no espaço urbano de São José dos Campos. Pretende-se verificar como a utilização da cobertura verde pode auxiliar a combater os distúrbios climáticos causados pela urbanização.

Tem-se ainda como objetivo, verificar as questões econômicas e técnicas presentes na implementação da cobertura verde e descobrir os entraves desta técnica ecológica no mercado imobiliário.

3 METODOLOGIA

Foram pesquisados em livros e artigos científicos os benefícios, materiais, composição estrutural, características e procedimentos para execução da cobertura verde, além de temas pertinentes a urbanização e clima. Essas informações compõem o conteúdo básico do trabalho e sustentam as análises realizadas no estudo de caso.

Os dados do município de São José dos Campos foram pesquisados em livros, sites oficiais do município, relatório estatísticos e artigos científicos, priorizando os assuntos históricos aliados ao processo de urbanização do município que foram associados as informações da ilha de calor, obtidas através de estudos térmicos da cidade.

No estudo de caso, para verificar a implementação da cobertura verde foi elaborado um projeto fictício de cobertura verde através de fotos, visitas técnicas e coletas de dados de um edifício localizado no município de São José dos Campos. Assim, procurou-se analisar os aspectos técnicos, estruturais e econômicos pertinentes ao projeto fictício de cobertura verde, elaborados a partir do conteúdo básico do trabalho.

4 COBERTURA VERDE

4.1 Histórico

A cobertura verde caracteriza-se pela utilização de vegetação sobre edifícios residenciais, industriais ou públicos, e pode ser aplicada em estruturas de qualquer porte. Atualmente a aplicação da cobertura verde destaca-se pela arquitetura bioclimática, auxiliando nas condições de conforto dentro das estruturas e mitigando os efeitos negativos das edificações no clima.

Os primeiros sinais da utilização da cobertura verde datam do período de 4000 à 600 a.C. em templos conhecidos como zigurates, sendo uma das sete maravilhas do mundo antigo, os Jardins Suspensos da Babilônia, a construção de maior destaque.

Figura 1 - Jardim suspensos da babilônia.



Fonte: sitedecuriosidades

Entretanto, a cobertura verde moderna originou-se nas habitações da Islândia e Escandinávia que utilizavam de recursos locais, como grama e pedra, para construírem suas casas. Desta forma, garantiam condições térmicas agradáveis dentro de suas moradias comparado as temperaturas muito baixas encontradas no entorno das residências.

Figura 2 - Cobertura verde na Islândia



Fonte: nsfwords.files.wordpress.com

Figura 3 - Cobertura verde na Islândia



Fonte: www.pinterest.com

Entre os séculos XIX e XX, modelos de construções similares a Islândia e Escandinávia foram encontrados nos E.U.A e Canadá. Para os historiadores, os imigrantes do norte da Europa seriam os responsáveis pela disseminação do conceito.

Na idade média a insegurança decorrente de saques, obrigou as pessoas a utilizarem a cobertura verde como espaços seguros para plantio e armazenamento de água. Deste período, algumas construções de destaque são a torre Guinigi, em Luca na Itália, que mantém sete pés de carvalho no seu telhado a 44 metros de altura, e o monastério São Michel, na Normandia.

Figura 4 - Torre Guinigi



Fonte: www.flickr.com

Figura 5 - Torre Guinigi



Fonte: www.eurososta.com

Figura 6 - Monastério São Michel



Fonte: images.forwallpaper.com

Por volta dos anos 1880, os jardins terraços ganharam destaque popular nos teatros Nova Yorkinos, como o Rudolph Aronson's Casino Theater, o teatro Olympia, na Broadway, e o Garden que fazia parte do complexo Madison Square Garden. Entretanto, o tempo de vida desses teatros foi curto devido a crise econômica de 1929, também conhecida como a "grande depressão", e mudanças na Broadway a partir de 1900, mas foi o suficiente para incentivar arquiteturas de restaurantes e hotéis de Nova York, como o restaurante Demonico's e os hotéis Waldorf-Astoria e Astor.

O início do século XX foi uma fase sem grandes avanços para a cobertura verde, apesar dos esforços de alguns arquitetos, como Le Cobusier, e construtores, como os pioneiros do concreto os irmãos Perret, em associar esses conceitos aos paradigmas e construções da época. A adição de custos e o medo de gerar danos a estrutura por conta da falta de materiais e técnicas específicas, eram enormes obstáculos para a disseminação popular da cobertura verde.

Em 1960, graças aos estudos de Reinhard Bornkamm, o desenvolvimento da cobertura verde ganhou bases sólidas. Considerado o pai das coberturas verdes modernas, só concluiu seu principal estudo de analisar a durabilidade dos telhados conhecidos como Mietskasernen, telhados semelhantes a cobertura extensiva, em 1980, observando que mais de 50 exemplares permaneciam impermeáveis e com a vegetação em bom estado.

Até os anos 1970, as mais frequentes aplicações de cobertura verde eram de estacionamentos subterrâneo e metrô, integrados com zonas habitacionais como espaços verdes públicos. Grande parte desta restrição de uso decorria da falta de impermeabilizantes específicos para coberturas verdes, pois já sabiam que algumas espécies de plantas eram agressivas a estrutura gerando infiltrações na edificação.

Mas a partir dos anos 1970, contribuições como a de Hans Luz, professor de grande influência, que através do artigo "*Roofgreening: luxury or necessity?*" propôs a incorporação das coberturas verdes como estratégia da melhoria da qualidade do ambiente urbano, Gerda Goowitz e Werner Wirsing que realizaram uma investigação pioneira sobre as modernas coberturas verdes, chamada "*Roof Areas Inhabited, Viable and Covered by Vegetation*", e Hans-Joachim Liesecke, professor que descreveu as bases das coberturas verdes intensivas no relatório *Dach und Terrassengärten - Roof and Terrace Gardens*, promoveram mudanças nas características urbanas das cidades alemãs, incentivando a implementação do verde em fachadas e terraços independente da classe social.

Os anos seguintes foram fundamentais para o desenvolvimento de elementos-chaves da cobertura verde, como impermeabilizantes, materiais drenantes, substratos leves, plantas apropriadas e materiais anti-raiz. Além disso, com a crise do petróleo e o crescente aumento das discussões de desenvolvimento sustentável, o mercado alemão tornou-se favorável ao surgimento de muitas empresas especializadas em cobertura verde.

A aceitação da cobertura verde gradualmente aumentou apesar das crises no setor construtivo. Essa mudança de paradigma foi amplamente apoiada pela *Bund Deutscher Landschaftsarchitekten* (Federação dos Arquitetos Paisagistas Alemães) que realizou uma exposição apresentando detalhes construtivos da cobertura verde e pela exposição no National Garden Show, em Stuttgart, que priorizou as vantagens da cobertura verde. Este cenário alemão fortaleceu o movimento de inovações tecnológicas realizado pelas empresas e instituições que incorporaram em suas pesquisas os efeitos climáticos presentes na implementação da cobertura verde.

Entretanto, a carência por um manual técnico de confiabilidade que abordasse os aspectos construtivos e da vegetação presentes na cobertura verde, só foi alcançada pela FLL alemã em 1982, com a publicação de *Principles for Roof Greening*, que tratou exclusivamente de CVs intensivas. ROHRBACH (2004 apud NASCIMENTO, 2008) afirma que hoje as diretrizes da FLL continuam definindo os aspectos ecológicos fundamentais de construção de CV, enquanto garantem para os usuários especificações técnicas para a segurança e confiabilidade do produto acabado.

Desde o final do século XX e o início do século XXI surgiram organizações, certificados de qualidade e ações governamentais afim de desenvolver e incentivar a aplicação da cobertura verde, agora com maior ênfase na sua contribuição positiva para os problemas urbanos, como as ilhas de calor.

4.2 Características

A técnica de cobertura verde, também conhecida como telhado verde, telhado ecológico e *Green Roof* em inglês, divide-se em três categorias: intensiva, extensiva e semi-intensiva. A classificação da categoria é realizado de acordo com o tipo e altura da vegetação, altura do substrato e periodicidade de manutenção.

Para a execução da técnica, recomenda-se contratação de profissionais qualificados e que forneçam projetos detalhados. A utilização de impermeabilizante anti-raíz se faz necessário para evitar que o desenvolvimento da vegetação afete a estrutura, abrindo brechas para a infiltração da água armazenada no substrato.

Figura 7 - Projeto Puggol Roof Garden



Fonte: greenroof.com

Outro aspecto importante que deve ser considerado no projeto é a acessibilidade da cobertura. Defini-se cobertura acessível, aquela que admite a utilização da cobertura para socialização de pessoas, sem apresentar riscos a estrutura e usuários. Na cobertura inacessível, só é permitido o acesso de pessoas para a manutenção ou visitas técnicas, podendo ou não apresentar riscos.

4.2.1 Cobertura verde extensiva

Na cobertura extensiva a vegetação utilizada é de pequeno porte, predominando as espécies que se desenvolvem espontaneamente, com facilidade para se adaptar a locais e condições climáticas severas. Normalmente, este tipo de cobertura verde é simples e resistente, apresentando aspecto natural e exigindo baixa manutenção, pois a vegetação retém os nutrientes e a água através de processos naturais.

Entre as categorias de cobertura verde é a que menos sobrecarrega a estrutura, por isso também é conhecida como telhado ou cobertura ecológica dada a sua fácil aplicação em qualquer estrutura.

Figura 8 - Cobertura verde extensiva



Fonte: International Green Roof Association - IGRA (2014)

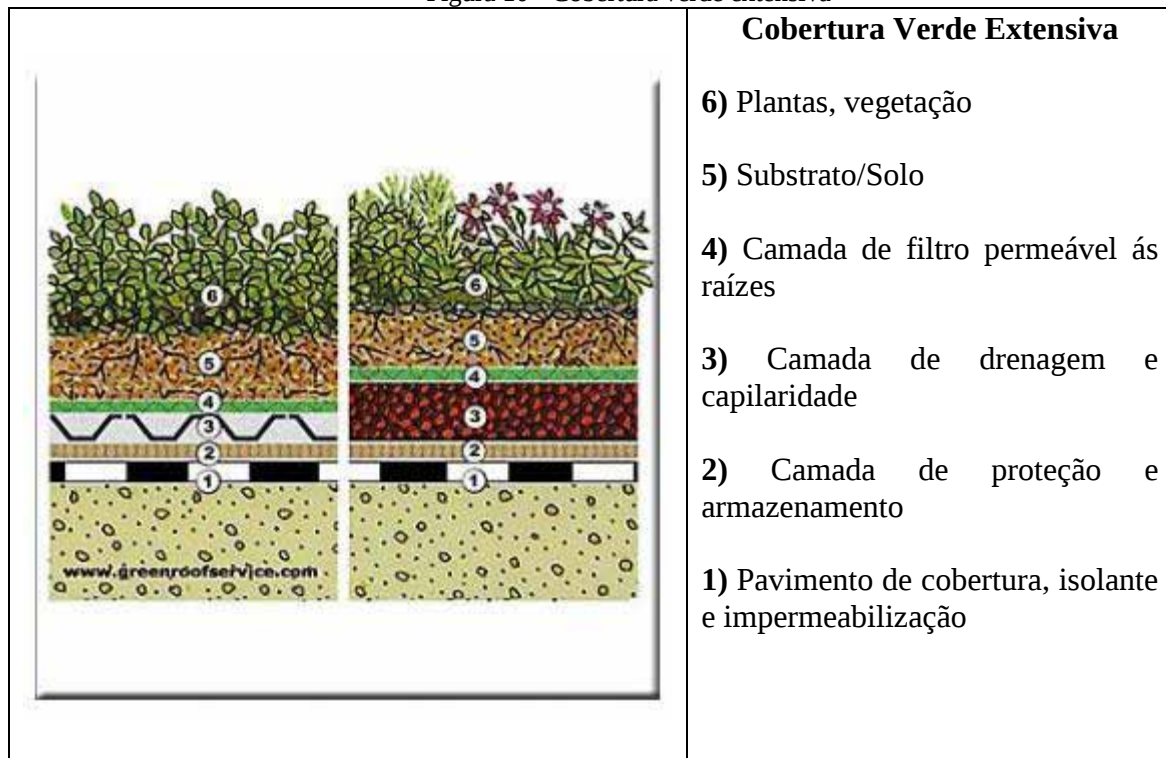
Figura 9 - Cobertura verde extensiva



Fonte: International Green Roof Association - IGRA (2014)

Neste tipo de cobertura a camada vegetal varia de 8 a 12 cm e o substrato de 4 a 19 cm, apresentando uma carga de 55 à 150 Kg/m², sob estas condições estimasse que a durabilidade da cobertura chegue a 30 anos. Além disso, a cobertura extensiva também atende a projetos com telhados inclinados até 30° e dependendo da resistência da estrutura pode se criar um espaço para o acumulo de água abaixo do sistema da cobertura verde.

Figura 10 - Cobertura verde extensiva



Fonte: NASCIMENTO (2008, p.48)

4.2.2 Cobertura verde semi-intensiva

Na cobertura semi-intensiva a vegetação utilizada são as gramíneas, arbustos e árvores de pequeno porte. Apesar da camada de vegetação ficar entre 12 à 20 cm, o tipo de vegetação utilizada requer maiores cuidados quanto ao fornecimento de água e nutrientes nas manutenções, desta forma, o gasto com este tipo de cobertura é maior comparado a cobertura extensiva.

Figura 11 - Cobertura verde semi-intensiva



Fonte: International Green Roof Association - IGRA (2014)

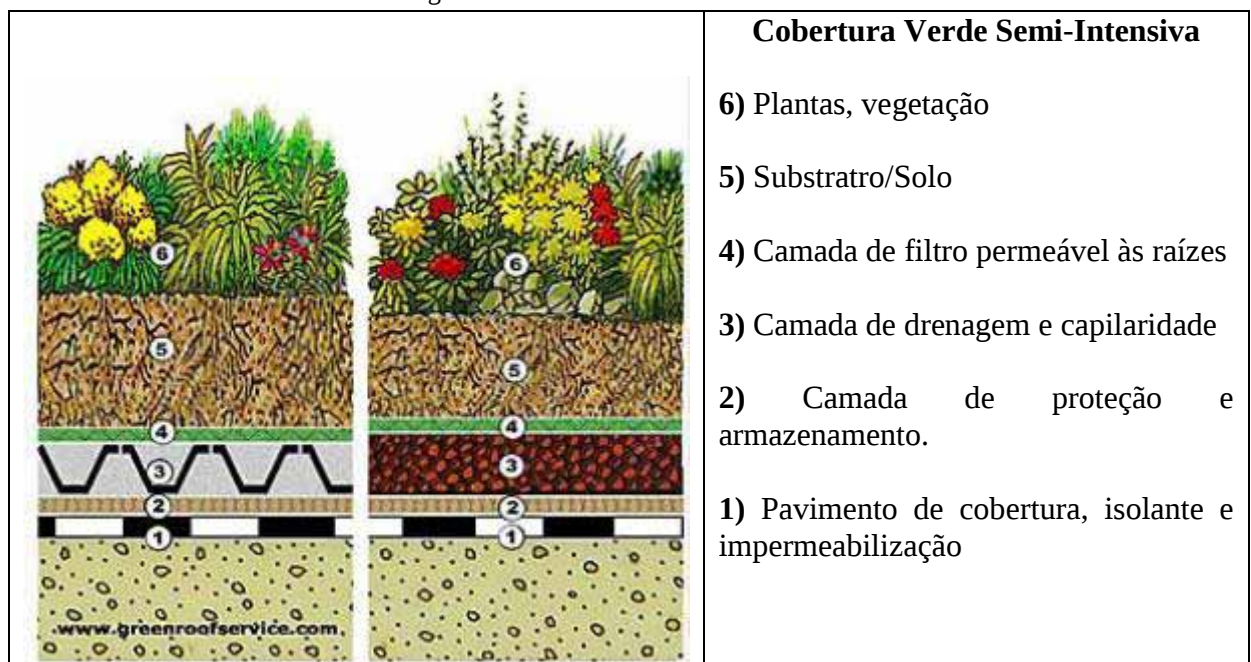
Figura 12 - Cobertura verde semi-intensiva



Fonte: International Green Roof Association - IGRA (2014)

A composição da cobertura semi-intensiva permanece idêntica a cobertura extensiva, no entanto para atender as necessidades das plantas a camada de substrato deve ser maior que 15 cm, como demonstra a Figura 13.

Figura 13 - Cobertura verde semi-intensiva



Fonte: NASCIMENTO (2008, p.49)

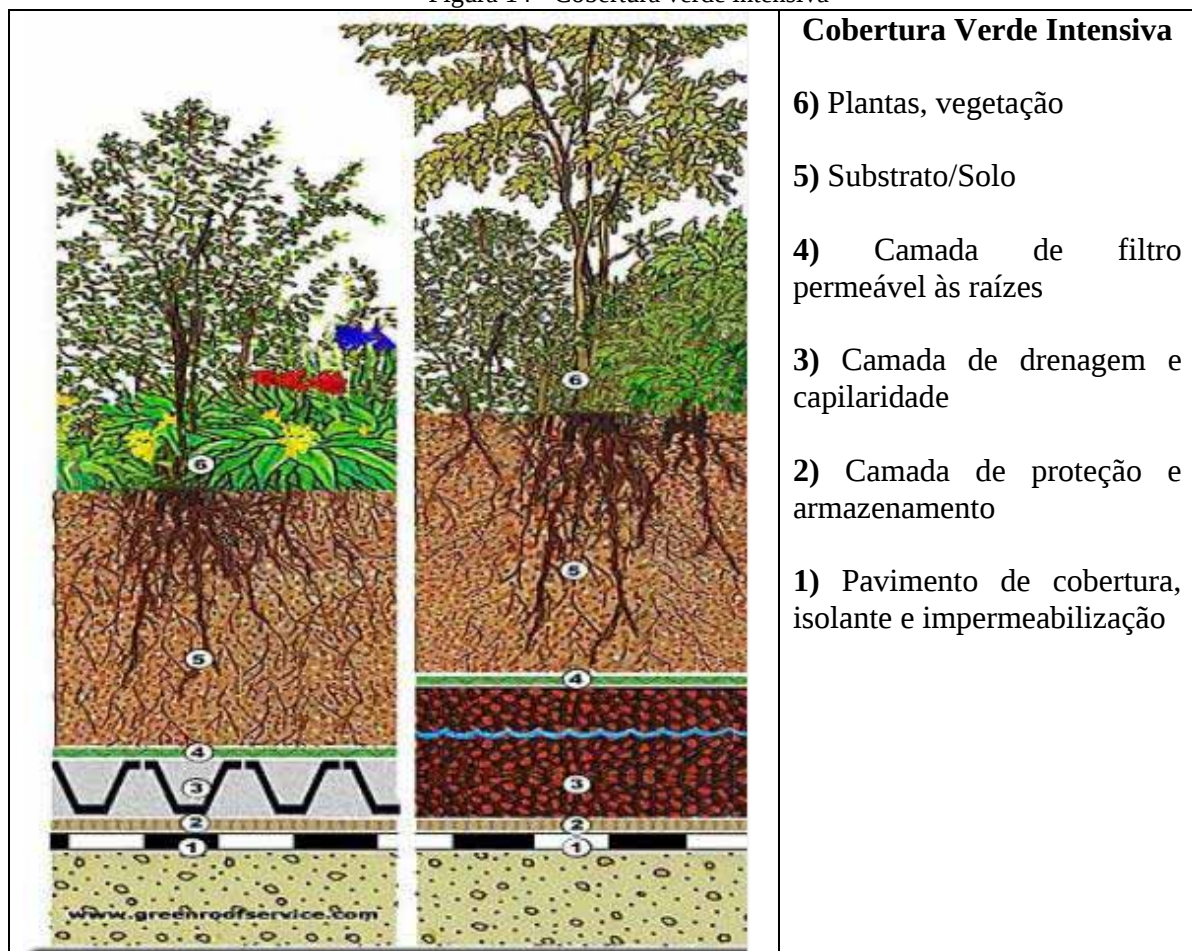
4.2.3 Cobertura verde intensiva

Dentre os tipos de cobertura verde, a que trabalha com a maior variedades de vegetação é a categoria intensiva, aceitando até árvores de grande porte, por isso, o substrato pode variar de 15 cm à 2 metros.

Para este caso, o custo com a manutenção é comparada a um jardim tradicional, sendo necessário um sistema de irrigação. Além disso, a construção deste tipo de cobertura tem um custo relativamente maior dado o grande volume de material e mão de obra.

Nascimento (2008) ressalva que a execução da cobertura intensiva deve ser baseada num projeto estrutural, pois as cargas do sistema variam entre 700 a 1200 kg/m², por causa da espessura da camada de substrato e da camada de drenagem.

Figura 14 - Cobertura verde intensiva



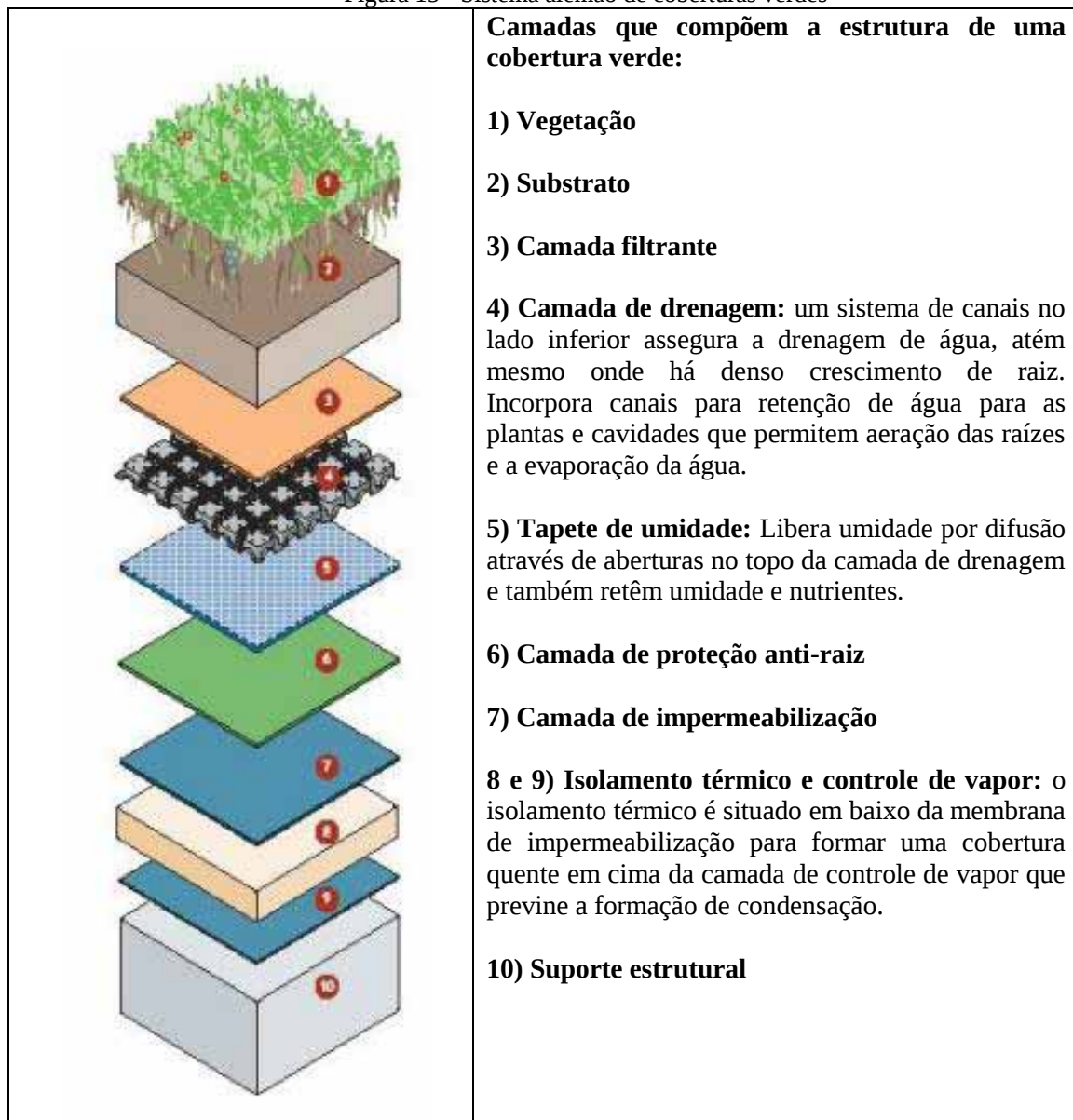
Fonte: NASCIMENTO (2008, p.50)

4.3 Estrutura da Cobertura Verde

Os materiais utilizados em cada camada da cobertura verde podem variar entre regiões, seja pela necessidade de adequação ao clima, da disponibilidade de alguns materiais ou das técnicas utilizadas pelas empresas. A legislação local auxilia na escolha dos materiais e das técnicas da cobertura verde, desta forma, os locais que já apresentam legislações normativas garantem maior confiabilidade e segurança para a realização da cobertura verde.

Segundo Nascimento (2008, p.47), a composição da estrutural da cobertura verde varia de acordo com a técnica aplicada, no entanto, o sistema alemão é tradicionalmente mais completo, como demonstra a Figura 15.

Figura 15 - Sistema alemão de coberturas verdes



Fonte: NASCIMENTO (2008, p.47)

4.3.1 Vegetação

Na escolha da vegetação que será utilizada na cobertura verde, deve-se considerar a finalidade da cobertura e o grau de dificuldade em realizar a manutenção (irrigação, adubagem, jardinagem, etc.) Outras condicionantes, como condições climáticas, altura do substrato, capacidade de carga da estrutura, necessidade de nutrientes, disponibilidade de espécies e interferências do entorno (sombreamento e proteção contra chuva), devem ser previstos e decisivos na escolha da vegetação.

Para o sistema de cobertura extensiva é utilizada espécies de plantas resistentes a ausência ou excesso de água, com características robustas capazes de suportar altas e baixas temperaturas. Desta forma, as plantas de pequeno porte são preferência, pois muitas espécies se desenvolvem rapidamente, apresentando excelente auto-regeneração (perenidade), baixa manutenção, capacidade de retenção de água e com maior disponibilidade no mercado.

Segundo Nascimento (2008), dentre as espécies recomendadas para a cobertura extensiva, destaca-se as gramíneas e plantas suculentas (do tipo Sedum), de folhas carnudas, por serem resistentes a longos períodos de seca, como ilustra a Figura 16.

Figura 16 - Cobertura extensiva do "Museo Del Acero Horno 3" feito com sedum



Fonte: suculentasminhas.blogspot.com.br

As espécies de plantas mais sensíveis são recomendadas para as coberturas semi-intensiva e intensiva, visto que dependem da manutenção de nutrientes e água para manterem-se saudáveis. Neste caso, é essencial o acompanhamento de um especialista na seleção dos tipos de espécies, para que as condições climáticas e a periodicidade de manutenção não afetem a qualidade da cobertura verde.

No Brasil, segundo os estudos da Engenheira Diacuy Crema, profissional da área de paisagismo, as espécies utilizadas na cobertura verde que melhor se adequaram as condições climáticas da cidade de Curitiba encontram-se no quadro abaixo.

Quadro 1 - Espécies de plantas adequadas a cobertura verde - condições climáticas de Curitiba

Gramíneas	Outras Espécies
Cortaderia selloana – capim dos pampas	Polygonum capitatum - tapete ingles
Eragrostis curvula – capim-chorao	Ophiopogon jaburan
Festuca glauca- grama-azul	Agapanthus africanus
Miscanthus sinensis – capim zebra	Neomarica
Pennisetum setaceum – capim do texas	Dietes bicolor
Pogonanthum paniceum- bambu mini	Dietes iridoides
Pleioblastus fortunei	Lavanda
	Helichysum petiolatum
	Dracaenas
	Serissa foetida
	Phormium
	Cyca revoluta
	Monstera deliciosa

Fonte: CREMA (2008, apud NASCIMENTO,2008)

Já a Ecotelhado (2014), empresa especializada no ramo, apresenta em seu portfólio 16 espécies de plantas utilizadas nas construções das coberturas verdes desenvolvidas e executadas pela empresa.

Quadro 2 -Espécies de plantas utilizadas pela Ecotelhado

Nome Popular	Nome Científico
Alho Social	Tulbaghia violacea
Aspargo	Asparagus desiflorus
Boldo-Brasileiro	Plectranthus barbatus
Bulbine	Bulbine frutescens
Capuchinha	Tropaeolum majus
Clorofito	Chlorophytum
Clúsia	Clusia fluminensis
Dinheiro em Penca	Callisia repens
Grama Esmeralda	Zoysia japonica
Grama São Carlos	Axonopus compressus
Grama-Amendoin	Arachis repens
Lambari	Tradescantia zebrina
Lambari Roxo	Tradescantia zebrina
Lantana	Lantana camara
Vedélia	Sphagneticola trilobata
Verbena	Verbena hybrida

Fonte: ECOTELHADO (2014)

4.3.2 Camada de Substrato

O solo, também conhecido como substrato, é o meio de desenvolvimento da vegetação da cobertura verde. A camada de substrato é essencial para uma boa qualidade da cobertura verde, pois ela é responsável pela nutrição, água, desenvolvimento e enraizamento das plantas, e retenção e permeabilidade de água.

Os materiais utilizados como substrato na coberturas verdes podem ser orgânicos e inorgânicos. Usualmente, a aplicação de materiais inorgânicos ocorre em coberturas extensivas, mas não há nenhuma restrição para o seu uso nas outras categorias de cobertura.

Os substratos orgânicos são elaborados a partir de materiais vegetais (resíduos vegetais e agrícolas como cascas de pinheiros, fibras de coco, cascas de arroz e resíduos das podas urbanas). Além disso, os resíduos urbanos tratados, compostados e estabilizados, podem ser utilizados como fertilizantes para substratos orgânicos.

Já origem dos substratos minerais ou inorgânicos são:

- natural e sem processo de manufatura (brita, areia, terra vulcânica);
- natural e manufaturado (lã de rocha, argila expandida, vermiculita);
- sintética (poliestireno em placas ou em grânulos).

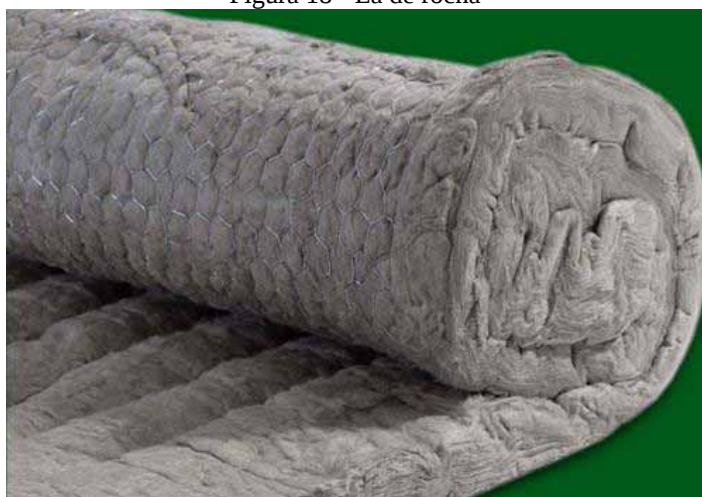
Figura 17 - Tipos de Vermiculita Expandida



Fonte: jackmoldurascimento.com.br

Na Alemanha a frequência da utilização de substratos inorgânicos em coberturas extensivas é maior, principalmente a lã de rocha, Figura 18. Este tipo de substrato são encontrados no formato de tapetes pré-cultivados e compostos por materiais inorgânicos e vegetação autóctone.

Figura 18 - Lã de rocha



Fonte: fiberseals.com.br

A determinação da altura do substrato deve ser estabelecida para atender as exigências da vegetação escolhida e podem variar de acordo com a empresa contratada para execução da cobertura verde. Em relação a altura do substrato a empresa alemã ZINCO faz a seguinte recomendação:

Quadro 3 - Altura do substrato de acordo com a vegetação					
CV \ Vegetação	CV Extensiva				CV Intensiva
	Sedum e outros tipos de coberturas	Sedum e plantas perenes	Ervas, flores silvestres e gramíneas	Perenes, gramíneas, gramados e arbustos	Perenes, grandes arbustos e pequenas árvores
Cobertura Extensiva	50 - 70 mm	80 mm	100 mm	-	-
Cobertura Semi- Intensiva	-	-	101 mm	150 - 200 mm	-
Cobertura Intensiva	-	-	-	151 - 200 mm	Acima de 250 mm

Fonte: ZINCO (2014)

4.3.3 Camada Filtrante

A camada filtrante é responsável pela separação do substrato dos demais elementos adjacentes da cobertura verde, impedindo principalmente que a camada drenante e outros pontos de passagem de água sejam obstruídos por resíduos do substrato e da vegetação.

O material utilizado como camada filtrante é de preferência geotextil, fabricado com fibra de polipropileno ou de poliéster. A sua instalação é realizada sobre toda a camada drenante e por todo o perímetro da cobertura.

Na cobertura verde, a camada filtrante pode ser utilizada para outros fatores, tais como:

- proteção das camadas de impermeabilização, isolamento térmico e formação de vapor contra as variações mecânicas da estrutura que receberá a cobertura verde.
- separar elementos quimicamente incompatíveis.
- impedir a aderência de duas camadas de impermeabilização, permitindo a máxima flexibilidade do sistema.

4.3.4 Camada Drenante

A camada drenante tem a função de eliminar o excesso de água do substrato proveniente da chuva ou da irrigação, impedindo o alagamento da cobertura verde que aumentaria a carga sobre a estrutura e preservando a saúde das raízes da vegetação.

As coberturas extensivas que apresentam pelo menos 5° de inclinação e espessura até 25 cm dispensam a camada drenante. No entanto qualquer outro tipo de cobertura verde necessita de um bom sistema drenante que deve ser composto por ralos uniformemente distribuídos e protegidos por uma camada de geotêxtil para impedir a obstrução da passagem da água.

É importante que os materiais utilizados na camada drenante sejam resistentes o suficiente para suportar a carga das camadas acima dela, principalmente do substrato e da vegetação que são as camadas de maior carga.

Segundo Nascimento (2008), existe uma grande variedade de materiais que podem ser utilizados na camada drenante, entretanto pela preocupação de criar uma cobertura verde leve, os materiais citados abaixo ganham destaque.

- material granular - brita, seixo rolado, argila expandida, em coberturas com inclinação maior que 2%.

- elementos manufaturados de drenagem e retenção de água - placas de poliestireno ou polipropileno com protuberâncias que permitem o escoamento rápido da água e capazes de reter pequenas quantidades para o suprimento da vegetação. Dependendo do tipo de cobertura e condições climáticas, esse modelo é capaz de minimizar ou dispensar a necessidade da irrigação.

4.3.5 Isolamento térmico

O isolamento térmico da cobertura verde decorre da superposição das diferentes camadas que reduzem a passagem de energia (calor). Este efeito de isolamento é dependente do tempo e da quantidade e fluxo de água, além da velocidade do vento.

A análise da transferência e convecção (calor transmitido pelo movimento do fluidos aquecidos como ar e água) das camadas da cobertura verde são essências para garantir uma boa proteção térmica.

O isolamento térmico quando posicionado sob a camada de impermeabilização é chamado de B.U.R - "*Bitumen Uninsulated Roof*", que apesar de proteger a camada de impermeabilização da umidade, é necessário o uso de barreira de vapor pelo fato da impermeabilização ficar termicamente desprotegida.

Por outro lado, o sistema "*Up Side Down*" é quando o isolamento térmico fica acima da impermeabilização, desta forma é o isolante que ficará em contato com a umidade. No Brasil, este sistema é o mais utilizado por proteger a camada impermeabilizante das variações térmicas, mas tal técnica só foi possível com a criação de isolantes térmicos que absorvessem pouca água.

O poliestireno extrudado é o material mais recomendado, visto que é impermeável a água. Entretanto, recomenda-se a utilização da barreira de vapor para que a impermeabilização não seja deteriorada com a possível formação de vapor.

Já a espessura da camada de isolante térmico depende da transmitância térmica do material utilizado. Em algumas regiões, a existência de normas define ou sugere o material e a espessura que deverá ser utilizado.

Figura 19 - Poliestireno extrudado utilizado como isolante térmico em telhado convencional



Fonte: <http://scfonseca.weebly.com/pormenores-construtivos.html>

4.3.6 Proteção anti-raíz

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

Muitos materiais impermeabilizantes já apresentam um aditivo herbicida que inibe o contato e a perfuração da camada impermeabilizante pelas raízes. Entretanto, impermeabilizantes de composição betuminosa não são recomendados como proteção anti-raíz, visto que certas raízes apresentam organismos que se alimentam do betume, além disso o material impermeabilizante deve ser resistente a ácidos húmicos e radiação ultravioleta.

Desta forma, recomenda-se que no momento de escolha do material utilizado como proteção anti-raíz, certifique-se que o tipo de vegetação, os materiais das camadas e as condições da estrutura não apresentam alguma característica química, física ou biológica que interfira na qualidade da proteção anti-raíz.

4.3.7 Camada de Impermeabilização

A função da camada de impermeabilização é proteger a edificação da penetração da água e, se apresentar características de proteção anti-raíz, impedir que o desenvolvimento das raízes lesione a estrutura da cobertura.

Independente do tipo de impermeabilizante, rígido ou flexível, é muito importante a regularização da superfície da edificação, de maneira que ela esteja homogênea, lisa, sem protuberâncias ou materiais soltos que possam comprometer a continuidade da impermeabilização.

Em alguns casos a proteção mecânica é essencial para proteger a camada de impermeabilização da ação dos agentes atmosféricos e, eventualmente, de ações mecânicas causadas por trabalhos da construção, de plantio ou manutenção.

A escolha da impermeabilização deve atender as características e comportamentos das edificação, além de ser compatível com os materiais e plantas presentes nas outras camadas da cobertura verde. Desta forma, recomenda-se o uso de impermeabilizantes leves, para não sobrecarregar a estrutura, resistentes e que garantam a estanqueidade da camada impermeabilizante.

4.3.8 Suporte Estrutural

Por segurança, a implantação da cobertura verde requer a análise da capacidade de carga da laje que será alterada. O suporte estrutural tem a finalidade de preservar a estrutura e em alguns casos, distribuir a carga das camadas de acordo com o equilíbrio estrutural que cada edifício detém.

A recomendação é que a carga da cobertura verde não ultrapasse 100 kg/m², considerando que as camadas que absorvem água estejam saturadas. Entretanto, deve-se seguir a recomendação do parágrafo acima, visto que muitas estruturas apresentam queda nas suas resistências seja pela falta de manutenção ou por erros durante o processo construtivo.

Para fins de cálculo, deve-se considerar que:

- a carga permanente é o peso de todas as camadas (impermeabilização, proteção anti-raiz, isolamento térmico, drenagem, filtrante, substrato e vegetação).
- as cargas acidentais dependem das atividades que serão exercidas, armazenamento de materiais durante o processo construtivo, circulação de pessoas e manutenção.

É importante, destacar que a cobertura verde extensiva é a mais recomendada para ser implementada em edifícios de cobertura tradicional, pois apresenta baixa sobrecarga na

estrutura, não requer uma grande espessura de substrato, as vezes não precisa de sistema de irrigação e seu modelo construtivo é fácil de ser executado.

4.3.9 Irrigação

A necessidade de um sistema de irrigação depende do tipo de cobertura verde e das condições climáticas. Coberturas extensivas, usualmente, não necessitam de irrigação, já que o próprio sistema da cobertura verde armazena água e as espécies de plantas que compõem a vegetação são adaptadas a enfrentar períodos secos. No entanto, é interessante deixar pontos de irrigação estratégicos para atividades de replantio ou manutenção.

Para as coberturas intensivas pode-se utilizar sistemas automáticos de irrigação ou sistemas manuais com pontos de água suficientes para garantir a irrigação por toda cobertura. É recomendável que a rede de irrigação seja elaborada respeitando as peculiaridades dos demais projetos da edificação, lembrando que a frequência de irrigação aumenta quanto menor for a espessura do substrato.

4.3.10 Manutenção

A manutenção é essencial para garantir a qualidade estética e funcional da cobertura verde. A frequência da manutenção depende principalmente das exigências da vegetação e de eventuais reparos nas demais camadas, desta forma, atividades como irrigação, plantio, poda e limpeza são consideradas elementos da manutenção.

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

4.4 As vantagens da cobertura verde

Segundo o IGRA (*International Green Roof Association*), a utilização da cobertura verde apresenta uma série de vantagens de caráter público quanto privado. Os efeitos

positivos não se restringem a uma categoria de telhado, porém alguns benefícios são mais efetivos em certos tipos de cobertura.

Os benefícios públicos são aqueles que contribuem positivamente na qualidade de vida do coletivo, abrangendo a sociedade, a fauna, a flora e qualquer outro sistema afetado pelas interações existente na cobertura verde. Desta forma, alguns destes benefícios são:

- **Habitat natural para flora e fauna:** dentro dos centros urbanos, as coberturas verdes, por vezes, contribuem para interligar zonas de vegetação isoladas, contribuindo para o intercâmbio de espécies destas zonas assegurando a importância da biodiversidade.
- **Retenção das águas pluviais:** as coberturas verdes têm a capacidade de reter de 50% a 90% da água da chuva, contribuindo para prevenção de enchentes locais. A água absorvida é devolvida ao ciclo natural através da transpiração das plantas e da evaporação, ou pode ser aproveitada através do armazenamento de água.
- **Redução dos efeitos da ilha de calor:** derivadas do tráfego e das construções as temperaturas nos centros urbanos chegam a aumentar 10°C durante o verão, as coberturas verdes são capazes de mitigar esse efeito porque absorvem 80% da entrada de energia.
- **Redução dos poluentes atmosféricos e partículas de poeira:** um metro quadrado de cobertura verde é capaz de filtrar 0,2 Kg de poluentes por ano.
- **Paisagismo:** a presença do verde entre as estruturas urbanas melhora a qualidade de vida da população, quebrando a monótona coloração cinza dos edifícios.

Os benefícios de caráter particular são aqueles que afetam apenas os usuários que utilizam a cobertura verde, desta forma a quantidade de beneficiários restringe-se a estrutura que abriga esta modalidade de cobertura. Entre os benefícios particulares destacam-se:

- **Durabilidade dos telhados:** a instalação da cobertura verde amenizar o stress da estrutura com a variação da temperatura ao longo do dia e entre as épocas do ano, prolongando a durabilidade de telhados e coberturas.
- **Redução dos níveis de ruído:** a cobertura verde pode reduzir a reflexão do som em até 3 dB (decibéis) e melhorar o isolamento acústico em até 8 dB (decibéis).
- **Isolante térmico:** absorvendo as energias externas, como a radiação, e impedindo que seja transmitida para os ambientes internos, a cobertura verde auxilia no equilíbrio da temperatura nos ambientes, reduzindo gastos com aquecedores ou ar condicionados.

- **Espaço:** a cobertura verde torna-se um espaço a mais dentro das estruturas urbanas, propiciando a socialização de pessoas e garantindo um espaço saudável para a prática de algumas atividades.

4.5 Escolha do tipo da cobertura verde

Para facilitar a comparação, a IGRA (2014) apresenta um quadro com as informações principais de cada tipo de cobertura verde. Apesar das informações serem genéricas, a simplicidade do quadro abaixo norteia a escolha da categoria de cobertura verde que melhor atende as necessidades e restrições estruturais, fatores que deverão ser analisados em conjunto com o custo da instalação da cobertura verde e dos gastos com a sua manutenção.

Quadro 4 - Critérios para escolha da cobertura verde

	Cobertura Verde Extensiva	Cobertura Verde Semi-Intensiva	Cobertura Verde Intensiva
Manutenção	Baixa	Média	Alta
Irrigação	Não precisa	Periodicamente	Regularmente
Tipos de Plantas	Musgos, herbáceas e gramíneas	Gramíneas-herbáceas e arbustos	Gramado permanente, árvores e arbustos
Altura do sistema construtivo	60 - 200mm	120 - 250 mm	150 - 400mm
Peso	60 - 150 Kg/m ²	120 - 200 Kg/m ²	180 - 500 kg/m ²
Custo	Baixo	Médio	Alto
Uso	Proteção ecológica	Cobertura verde com Desing	Jardim tipo parque

Fonte: International Green Roof Association - IGRA (2014)

Recomenda-se que cada projeto seja previamente estudado, assegurando a funcionalidade e a segurança estrutural da cobertura verde. Mas cabe ressaltar que cada tipo de cobertura verde detém vantagens e desvantagens, informações necessárias para a adequação da estrutura em função da sua finalidade.

Quadro 5 - Comparação entre a cobertura verde extensiva e intensiva

Cobertura Verde Intensiva	Cobertura Verde Extensiva
Solo profundo, sistema de irrigação, condições mais favoráveis para as plantas.	Solo raso, pouca ou nenhuma irrigação condições estressantes para as plantas
Vantagens	
• permite maior diversidade de plantas/habitats; • boas propriedades de isolamento; • pode simular um jardim que fica acima do chão; • pode ser visualmente atrativo; • utilização diversificada do telhado, por exemplo, cultivo de alimento, e como um espaço aberto.	• baixo peso - geralmente não precisa de reforço; • indicado para grandes áreas; • indicado para telhados com inclinação de 0° a 30°; • baixa manutenção; • às vezes não precisa de sistemas de irrigação/drenagem; • relativamente é necessário pouco conhecimento técnico; • freqüentemente indicado para projetos já existentes; • pode deixar a vegetação desenvolver espontaneamente; • relativamente barato; • visualmente natural; • fácil para a autoridade em planejamento demandar o telhado verde como uma condição para permitir a execução.
Desvantagens	
• maior peso sobre o telhado; • precisa de sistema de irrigação e drenagem (maior necessidade de energia, água, materiais, etc.); • alto custo; • sistema mais complexos e requer conhecimento técnico.	• maior limite para escolha das plantas; • usualmente não é usado para recreação etc.; • pouco atrativo, especialmente no inverno.

Fonte: Cartuzzo (2013, p.66)

5 COBERTURA VERDE, URBANIZAÇÃO E CLIMA

A urbanização ainda é um processo fundamental para o desenvolvimento de qualquer nação. Ao longo dos séculos, ela gradualmente melhorou a qualidade de vida das pessoas que passaram a ter acesso a rede de água, energia elétrica, pavimentação, etc.

No entanto, com o advento dos estudos e preocupações climáticas, surgiu um forte pressuposto de que a urbanização fosse uma das responsáveis pelos distúrbios climáticos que estão ocorrendo por todo o planeta. Desta forma, quando os estudos convergiram para as grandes cidades, como São Paulo, Nova York, Tóquio e Berlim, onde a intensidade e frequência de alguns fatores são maiores em decorrência da dimensão e complexidade urbana, notou-se que a falta de planejamento urbano aliada ao modo de vida da população está tornando difícil as condições de estadia de seus habitantes em zonas urbanas adensadas, além de afetar o invisível micro-clima urbano.

Boa parte da sociedade não compreende como a urbanização interfere no clima sendo capaz de afetar a sua qualidade nas cidades. Mas para estudiosos questões como o aumento de problemas respiratórios, desconforto térmico e alterações no regime de chuvas são cientificamente comprovadas analisando o amplo contexto de urbanização e seu diálogo com o clima. A ilha de calor, por exemplo, ocorre principalmente pela substituição da cobertura vegetal por materiais típicos de áreas urbanas, como asfalto, concreto e vidro, responsáveis pela modificação do fluxo energético das cidades comparados as zonas rurais.

Entretanto, antes de se pensar sobre sustentabilidade, por algumas vezes o desenvolvimento da expansão urbana foi discutido, gerando diretrizes a fim de garantir uma relação promissora entre a sociedade e a estrutura física que sustenta as suas atividades. E é por isso, que a Carta de Atenas ganha destaque, pois a sua sensibilidade de entender a cidade como um organismo vivo e funcional propondo um zoneamento por funções (moradia, lazer, trabalho e circulação), abriu fronteiras para discutir maneiras de realizar a organização urbana.

Por outro lado, as duras críticas realizadas à Carta de Atenas, como a obra *The Death and Life of Great American Cities* (A Morte e a Vida das Grandes Cidades) que acusa a Carta de Atenas de contribuir para criação de cidades monótonas desde o aspecto estético ao dinamismo social, ajudam, na atualidade, o fortalecimento da ideologia do regionalismo que incentiva e explora o respeito pelas riquezas culturais, econômicas, sociais e naturais de cada

comunidade, ressaltando a ideia de que as construções devem seguir diretrizes ditadas pela disponibilidade de materiais e condições climáticas locais em conjunto da diversidade de características inerentes a cada região.

Apesar dos acontecimentos modernos resgatarem um conceito favorável as necessidades e discussões atuais, é visível a decadência urbana ocorrida nas últimas décadas, tanto pela participação social quanto pela responsabilidade administrativa do Estado, onde a ineficiência está mais atrelada as más qualidades do sistema de fiscalização, como corrupção e déficit de trabalhadores, do que a elaboração de diretrizes que demonstrem ser rígidas, justamente, para conter o avanço de loteamentos irregulares. Desta forma, é evidente a dificuldade em se adotar medidas que alinhem o desenvolvimento urbano com o objetivo de devolver as cidades condições saudáveis de qualidade de vida.

Ainda existe o grande desafio de incorporar processos sustentáveis no espaço urbano que apesar da dificuldade em contar com a participação social nesse processo, existe um forte crença que os resultados de estudos com o passar dos anos convençam as pessoas a adotarem esta mudança, pois quanto mais adiada for a incorporação dessas filosofias dentro do dinamismo urbano, maior será a agressividade dos efeitos colaterais decorrentes do estilo de vida moderno e mais abruptas serão as mudanças climáticas.

AGOPYAN et al. (2011, p.41) ao falar da contribuição das construções para as mudanças climáticas, diz que:

As consequências econômicas, ambientais e sociais das mudanças climáticas são profundas e importantes, e deverão afetar a todos. Infelizmente, espera-se que o clima fique instável, com maior frequência de eventos extremos, como chuvas torrenciais, ocorrendo como consequência, enchentes frequentes e secas prolongadas - o que afetará os suprimentos de água e geração de energia hidroelétrica-, além do derretimento das geleiras - o que resultará em elevações do nível do mar e em falta de água para grande parcela da população. Esses efeitos impactarão a agricultura, as cidades, a saúde da população e afetarão todos os biomas naturais.

Em virtude destas previsões que organizações que trabalham com ecotécnicas e ampliam o conceito de arquitetura bioclimática, atuam para reverter a perspectiva de um futuro pouco promissor. A ideia por trás dessas iniciativas, é criar mecanismos simples que possam ser realizados em qualquer lugar e por qualquer pessoa, e assim quebrar a barreira de que a mudança para um estilo de vida sustentável é mais custosa do que permanecer no modelo de vida atual. E é nesse processo de equilibrar o progresso humano com o meio ambiente, que algumas ecotécnicas tiveram os seus estudos ampliados a ponto de tornarem-se financeiramente rentáveis para o setor econômico. Como é o caso da cobertura verde, na

Alemanha, que se baseia numa arquitetura bioclimática regional da Islândia e Escandinávia, no qual estudos sugerem a sua utilização para mitigar os efeitos da ilha de calor presente nos aglomerados urbanos.

O interessante da cobertura verde é que ela não exige uma reorganização bruta da geometria urbana, onde seja necessário destruir boa parte da estrutura existente para dar condições de erguer edificações condizentes com a proposta ambiental. Apesar de ser uma medida paliativa, a sua incorporação nos paradigmas construtivos seria um grande passo para mitigar os efeitos prejudiciais da urbanização, angariando mais tempo para se pensar em novos materiais, técnicas, geometrias urbanas e mudanças de comportamento saudáveis para a construção de uma cidade melhor.

5.1 Arquitetura bioclimática

Arquitetura bioclimática é um conceito que utiliza os elementos climatológicos em conjunto com a estrutura morfológica, habitacional ou urbana, para otimizar o uso dos recursos naturais e possibilitar conforto aos seus usuários.

Em regiões frias, por exemplo, pode-se optar pelo isolamento das fachadas e cobertura, e uso de vidros mais transparentes à radiação solar para que as ondas de infravermelho seja absorvidas pelos objetos do interior e refletidas em ondas longas (calor), resultando em maior aquecimento do ambiente interno. Por outro lado, em regiões quentes, pode-se optar por brises que impeçam a radiação solar direta no vidros ou o uso de vidros menos transparentes.

Em geral, a arquitetura bioclimática se resume a 4 princípios básicos:

- criação de espaços que propiciem conforto aos moradores e usuários;
- eficiência energética e prolongamento da vida útil da estrutura;
- redução de desperdícios;
- uso de fontes renováveis de energia e materiais que não agridem ao meio ambiente.

A arquitetura bioclimática é responsável pelo desenvolvimento de técnicas e equipamentos que contribuam para a otimização da eficiência energética nas edificações. No entanto, seu maior foco de trabalho consiste no aproveitamento da energia proveniente do sol, seja no estado de calor, aquecendo reservatórios de água, ou na forma de luz, reduzindo o uso de iluminação artificial.

5.2 Regionalismo

O regionalismo é uma ideologia complementar da arquitetura bioclimática, com o interesse de evidenciar a importância das características inerentes de cada região, como cultura, clima e materiais construtivos, a fim de corrigir os desvios do desenvolvimento urbano que fixou-se na filosofia de reproduzir estruturas sem se preocupar com a eficiência da sua funcionalidade.

ROMERO (2001, p.28) diz que:

A urbanização excessiva significa, em muitas ocasiões, colocar em segundo plano as características do local, incluindo nesse descaso o relevo e outras características morfológicas do sítio. O impacto negativo ao qual a população é submetida quando o construído transforma-se em indutor de alterações climáticas pode ser evitado como um desenho adequado.

Assim como HERTZ (1998, p.19) ressalva que:

O grande erro da chamada arquitetura estilo internacional é a lógica de que um projeto pode servir para qualquer lugar, de tal maneira que a importância dos aspectos formais sobressai mais do que a necessidade de criar um projeto particular e apropriado a cada lugar, ou seja, uma arquitetura mais regional.

Com base nas citações acima, pode-se dizer que o processo da expansão urbana aliada ao dinamismo econômico de retenção de capital, criou uma sociedade pouco preocupada com a qualidade e riquezas do ambiente que sustenta a sua existência. Talvez, por culpa do desenvolvimento tecnológico que forneceu condições ao ser humano para modificar quaisquer barreiras naturais que encontrasse, sem que antes refletisse a sua verdadeira importância.

O processo de repensar a cidade parte do princípio contido no regionalismo, que sem dúvida está na mesma linha de pensamento da sustentabilidade moderna, no qual não basta copiar estruturas urbanas e edificações muito bem elaboradas no estrangeiro, é necessário partir dos materiais, mão de obra, cultura, estilo de vida, economia e muitos outros fatores tão característicos de cada lugar do mundo, dos quais a utilização de equipamentos para propiciar conforto aos ambientes, externo ou interno, deve ser a última alternativa. Portanto, é necessário ressaltar que o regionalismo não é contra a utilização de ferramentas, materiais, serviços e outros itens estrangeiros, e muito menos contra os aparatos tecnológicos, mas sim, um alerta para o desenvolvimento da cultura e economia local, que pela estruturação e comportamento econômico que vivemos tornaram-se invisíveis a sociedade, visto que a qualidade de vida pode sofrer uma melhora significativa, se estes tesouros forem descobertos e trabalhados para atender os anseios da população que carece de inúmeras bens de difícil acesso financeiro.

Contudo, é preciso incluir políticas ambientais neste contexto urbano, pois negligenciar os efeitos colaterais presentes no clima também torna o regionalismo uma medida paliativa para a cidade. Se os processos construtivos e legislativos, não trabalharem em prol da preservação dos recursos naturais e da eficiência energética, não existirão garantias que os novos modelos, urbanos e habitacionais, serão adequados as condições climáticas, ao invés de se tornarem ponte para um eventual distúrbio. A final de contas, faz-se preciso que o processo de urbanização continue se desenvolvendo, mas mudando as visões necessárias para devolver a sociedade e as cidades um ambiente saudável.

5.3 O papel dos elementos climatológicos

A interpretação dos elementos climatológicos é crucial para garantir a funcionalidade, a eficiência energética e o conforto para moradores em uma boa construção.

É certo que nem sempre a morfologia da estrutura em conjunto das condições climáticas, será suficiente para oferecer tais condições ao longo do ano, por causa das diferenças presentes em cada uma das quatro estações. No entanto, a redução de gastos com energia para manter equipamentos, como ar-condicionado e aquecedores, também é um fator ambientalmente positivo que deve ser considerado. A análise dos principais componentes que definem o clima: radiação solar, precipitação, temperatura, vento e umidade, resultam em dados muito importantes para a elaboração de projetos.

Por outro lado, ao lidar com áreas urbanas, é preciso reavaliar o comportamento dos elementos climatológicos em vista das suas adequações a estrutura urbana. O vento, por exemplo, tende a sofrer uma série de modificações por conta da geometria e quantidade de edifícios posicionados longo de ruas e avenidas. A rugosidade e a rigidez das superfícies é uma das principais diferenças quando comparados ao elementos rurais, como árvores, que são flexíveis permitindo o fluxo de ar. A umidade, por sua vez, é menor por causa da redução das áreas verdes, responsáveis pela evapotranspiração, e de sítios d'água, como lagos e córregos, que atrás da evaporação umedecem o ar.

Todavia, é necessário prever quais as contribuições, negativas e positivas, a inserção de uma edificação trará diretamente ao clima, assim como, as estruturas ao seu redor, visto que dentro dos parâmetros de sustentabilidade, uma edificação deve minimizar os impactos ambientais.

5.4 Clima urbano

Define-se clima como sendo a relação de uma série de elementos que atuam em escalas diferentes, abrangendo desde a macro até a micro escala de um determinado lugar. Portanto, o clima urbano é uma parcela de um clima local influenciado pelos materiais constituidores da superfície urbana.

Em comparação as zonas rurais, os materiais urbanos possuem uma capacidade térmica mais elevada e apresentam um aspecto mais rugosos, acarretando uma maior fricção entre a superfície e os ventos que a atravessam. Além disso, as superfícies das edificações atuam como refletoras e radiadoras que, em conjunto, aumentam os efeitos da radiação incidente.

De acordo com análises globais, o clima urbano apresenta os seguintes aspectos:

1. o clima urbano é a alteração substancial de um clima local;
2. entende-se que o desenvolvimento urbano pode aumentar, reduzir ou eliminar as diferenças climatológicas de uma local.

E da comparação entre cidade e campo surgiram os seguintes fundamentos:

- a) a cidade modifica o clima por meio de alterações na superfície;
- b) a cidade produz aumento de calor, modificações nos ventos, na umidade e até nas precipitações, que na maioria das vezes aumentam.
- c) a maior influência aparece por meio da alteração na própria composição atmosférica, chegando a condições adversas na maioria do caso.

Para ADRIANA(2001, p.46),

[...], todos os elementos meteorológicos sofrem modificações na área construída. Os efeitos das complexas superfícies geométricas, a sombra e a orientação dos edifícios individuais, as propriedades térmicas aos e higrótérmicas dos edifícios, vias e outros elementos construídos, o calor do metabolismo e dos vários processos de combustão da cidade bem como poluentes cedidos nas trocas de ar criam uma clima diferente daquele das áreas não urbanas ou não construídas.

É preciso estudar o clima urbano como um sistema, dada a quantidades de elementos que o define, e se atentar ao fato de que análises individuais de elementos climatológicos representam muito mais o comportamento atmosférico do local do que a natureza das modificações climáticas. Ou seja, é possível a existência da urbanização sem gerar grandes impactos no equilíbrio climático desde que todos os elementos sejam adequadamente utilizados. Desta forma, a inclusão da arquitetura bioclimática é fundamental, pois é um

estudo científico possuidor de ferramentas capazes de realizar o diálogo do clima com a morfologia urbana, com resultados satisfatórios para a humanidade.

5.5 Ilha de calor

A Ilha de Calor é um fenômeno climático que ocorre a partir da elevação da temperatura de uma área em relação ao seu entorno. Este fato é normalmente observado em áreas urbanas por causa das inúmeras modificações da cobertura do solo e das atividades antrópicas.

Figura 20- Ilustração da ilha de calor demonstrando a temperatura em diferentes áreas.



Fonte: reurb.blogspot.com.br/2014/05/ilha-de-calor-urbano-urban-heat-island.html

A escolha por materiais como concreto, asfalto e vidro refletem num fluxo energético diferente dos elementos rurais, gramas e árvores, que desempenham um importante papel na redução da temperatura, onde a presença de vegetação arbórea e rasteira cria zonas de sombra capazes de reduzir a temperatura do solo que em conjunto com a evapotranspiração diminuem a temperatura da atmosfera.

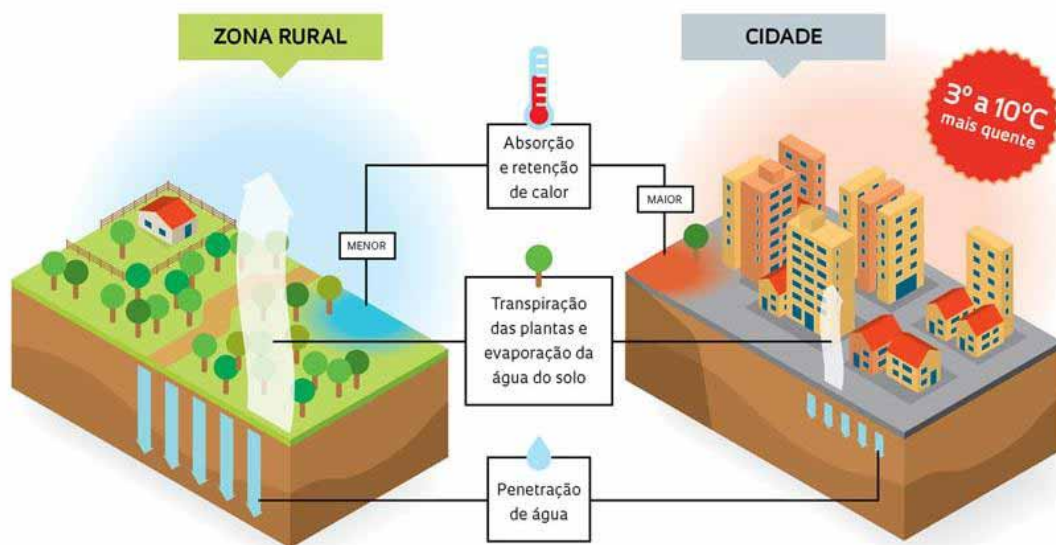
Segundo Adriana (2001) existem 5 fatores característicos que colaboram para a formação da ilha de calor.

1. Diferenças na média da radiação entre a área urbana e as imediações; em particular, a baixa taxa de esfriamento radiante durante as noites.
2. A estocagem de energia solar na massa dos edifícios da cidade durante o dia cedida à atmosfera durante a noite.
3. Concentração de geração de calor pelas atividades que têm lugar na área urbana.

4. Baixa evaporação desde o solo e a vegetação na área urbana construída, quando comparada com área rural aberta.
5. Fontes de calor estacionais: calefação no inverno e ar condicionado no verão; tudo cedido ao ar urbano.

O principal efeito da ilha de calor é o desconforto térmico, sugerindo a utilização de ar condicionado ou aquecedores para controlar a temperatura no interior das edificações, ciclo que intensifica os efeitos indesejáveis da ilha de calor, como sugere o fator 5 citado acima.

Figura 21 -Ilustração das diferenças entre a zona rural e a área urbana que geram a ilha de calor.



Fonte: OLIVEIRA (2014)

É importante saber que a intensidade da ilha de calor está relacionada com a geometria urbana e as condições climáticas (radiação solar, nebulosidade, umidade, vento e precipitação). Onde em alguns casos, é tão impactante que seu raio de ação chega a coincidir com o domo de ar urbano, altura de três à cinco vezes a média da altura dos edifícios. E é por isso que estudiosos temem que o crescimento urbano sem um planejamento, venha a acelerar o desequilíbrio do micro-clima urbano e conseqüentemente agrave a qualidade de vida de seus habitantes.

Dentre as alternativas estudadas para mitigar os efeitos colaterais da ilha de calor, a cobertura verde é uma das técnicas de destaque, visto que a sua implementação não requer mudanças na estrutura urbana. A substituição dos materiais utilizados nos telhados, como telhas cerâmicas, por coberturas vegetais, ajudaria no aumento de áreas dentro da malha urbana que reproduzem as qualidades encontradas nos elementos rurais, proporcionando além da redução da temperatura, uma série de fatores auxiliares no equilíbrio homem e meio ambiente.

5.6 Cobertura verde e minimização das condições termohigrométricas locais

Quando há intenção de utilizar a cobertura verde para minimizar os efeitos climáticos, como temperatura, é fundamental a escolha adequada da vegetação, pois a resistência das plantas ao calor e ao frio, bem como, aos períodos úmidos e secos, são fatores decisivos para a eficiência da cobertura.

Segundo Cartuzzo (2013), as regiões ao clima tropical no Brasil apresentam dois tipos de comportamento ao longo do ano, um período chuvoso, de setembro à março, e outro seco, de abril a agosto, condições que influenciam no desenvolvimento das plantas caso estas sejam sensíveis a um desses fatores.

Nesse contexto de pesquisa, Ferraz e Leite (2001) verificaram o comportamento da grama-amedoin quando aplicada na cobertura verde no município de São Paulo. Os resultados apontaram sensibilidade da grama no período mais seco do ano, exigindo regas periódicas, apesar da fácil manutenção, e excelente desempenho térmico devido a geometria foliar horizontal, além de abrigar diversos tipos de animais de pequeno porte.

Já Beatrice (2011), analisou três espécies de grama (batatais, amedoin e preta) para coberturas leves, semelhantes a coberturas verdes extensivas, onde utilizou suportes com três profundidades de substrato: 5, 7,5 e 10 centímetros, posicionados à 15 centímetros do solo. Com esta estrutura, a autora analisou o crescimento da vegetação, temperatura do ar, radiação solar global, temperatura do solo e precipitação, observando que as plantas apresentaram crescimento satisfatório durante a primavera e verão, no entanto, ao enfrentarem o período seco do ano, o inverno, com baixo regime de chuvas e intensa radiação, o comportamento das espécies ocorreu de maneira diferenciada com relação à profundidade do solo.

Figura 22 - Experimento para medição do ecotelhado



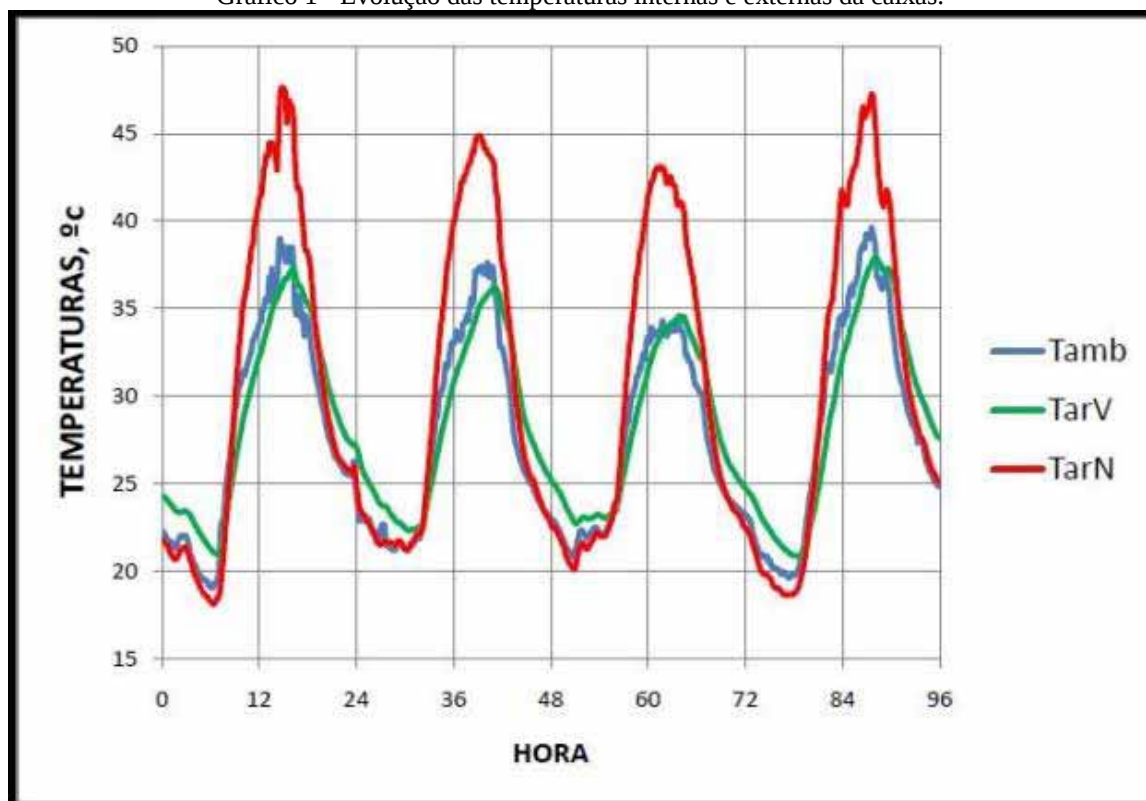
Fonte: BEYER (2006, p. 1)

Beyer (2006 apud Cartuzzo, 2013, p.77) analisou o desempenho térmico do ecotelhado (cobertura verde) durante o mês de dezembro de 2006, no qual foram montados duas caixas, ambas com telha de amianto, porém, uma delas com o ecotelhado, conforme a Figura 22.

Através das mediadas da radiação e temperatura externa das caixas, presentes no Gráfico 1, o autor destacou os seguintes parâmetros:

- durante o dia a temperatura do ar interna da caixa com o ecotelhado permaneceu 1°C a menos que a temperatura máxima externa que oscilou entre 34°C e 39°C.
- a temperatura interna da caixa com telhado sem cobertura vegetal apresentou uma variação entre 43°C e 47°C, aproximadamente 10°C a mais que a temperatura interna da caixa com o ecotelhado.
- durante a madrugada, o ar interno da caixa com ecotelhado ficou mais quente, justificado pelo isolamento térmico proveniente do ecotelhado, entretanto, o telhado normal perdeu calor.

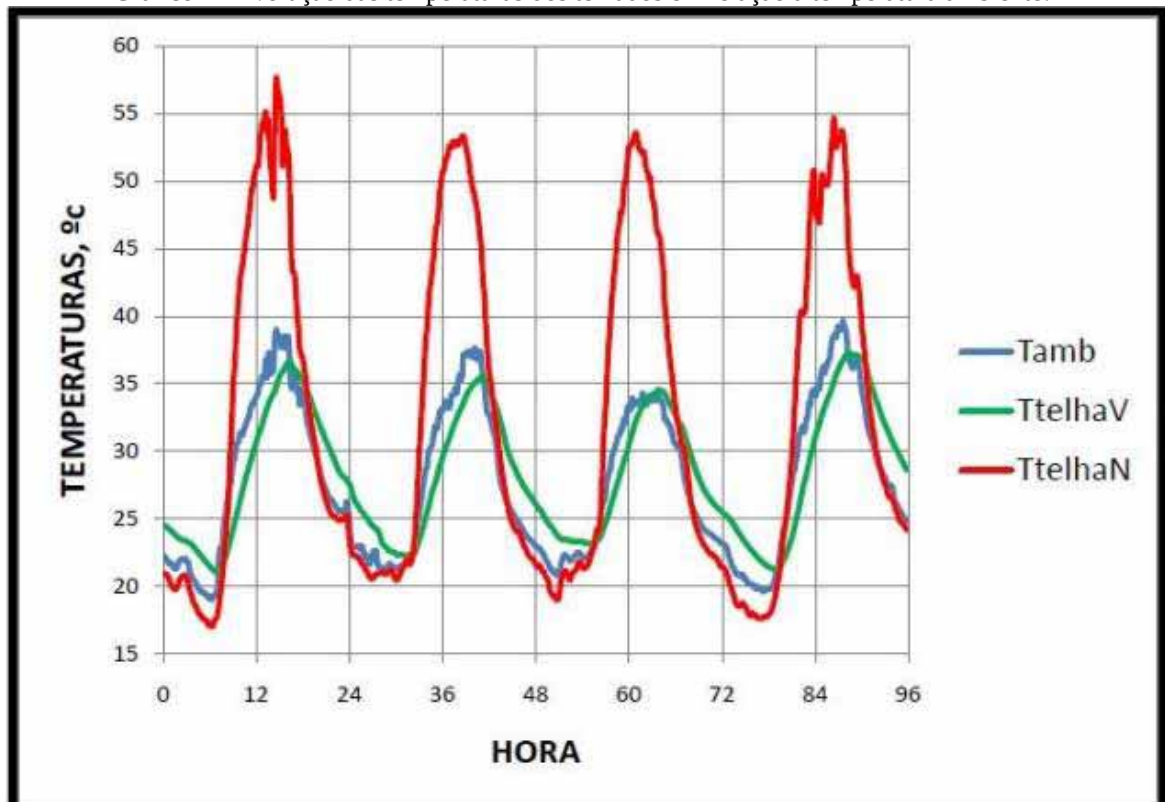
Gráfico 1 - Evolução das temperaturas internas e externas da caixas.



Nota: As siglas da legenda representam: a temperatura ambiente (Tamb), linha azul, a temperatura do ar interno da caixa com ecotelhado (TarV), linha verde, e a temperatura do ar interno da caixa com telha de amianto, sem ecotelhado (TarN), linha vermelha.

Fonte: BEYER (2006, p. 3)

Gráfico 2 - Evolução das temperaturas dos telhados em relação a temperatura ambiente.



Fonte: BEYER (2006, p.4)

No Gráfico 2, o autor apresenta as variações entre a temperatura externa, linha azul, a temperatura do ecotelhado, linha verde, e a temperatura do telhado normal, linha vermelha. Verificou-se que a temperatura do ecotelhado praticamente acompanhou a temperatura do ar externo, ficando em torno de 2°C menor, já o telhado normal aqueceu 20°C a mais que o ecotelhado.

Cartuzzo (2013), por sua vez, analisou a temperatura e a umidade relativa do ar somente do ar externo, escolhendo duas estruturas próximas, o edifício Conde Matarazzo (Prefeitura de São Paulo) que contém um jardim na cobertura, representando a cobertura verde, e o edifício Mercatil/Finasa com cobertura totalmente de concreto.

De acordo com o autor, a cobertura verde apresentou menor aquecimento nos dias mais quentes e atrasou o aumento da temperatura em consequência da taxa de umidade ser maior, comparado ao telhado de concreto, além de apresentar os mesmos comportamento encontrados no estudo de Beyer (2006). Por outro lado, o edifício Conde Matarazzo possibilitou observar que o telhado verde apresenta variação de dados em decorrência das condições dos elementos climáticos, como o vento, da geometria urbana e do volume de vegetação que é significativamente diferente em setores da cobertura.

No geral, Cartuzzo (2013) considera a cobertura verde técnica eficiente para reduzir os impactos no microclima pela capacidade de absorver e emitir a parte da radiação solar e contribuir para o aumento da umidade proveniente da evaporação, evapotranspiração e redução do aquecimento, influenciando tanto no balanço de radiação quanto no de energia.

Outro aspecto importante relacionado a cobertura verde, é o escoamento da água pluvial estudado por Castro e Goldenfum (2008 apud Cartuzzo, 2013), que utilizaram quatro módulos, dois terraços e dois telhados com declividade de 15° (graus), sendo que um terraço e um telhado com declividade foram cobertos com cobertura verde, e os outros dois sem cobertura vegetal. Para a captação da água pluvial foram utilizados dois reservatórios com sensores de níveis ligados a um datalogger para realizar leituras no período de maio à agosto de 2008.

Este estudo demonstrou que o telhado e o terraço com cobertura vegetal apresentam uma redução de escoamento superficial de 97,5% e 100%, respectivamente, nas primeiras 3 horas após o início da chuva. E após 6 horas ocorre uma redução da taxa de escoamento superficial de 70 à 100% para o terraço e de 26,6 à 100% no telhado, dependendo do evento de chuva.

Desta forma, a cobertura verde além de ser eficiente no controle das temperaturas internas e externas, apresentou resultados satisfatórios na questão de escoamento superficial, retraindo a água da chuva que pode ser armazenada e reutilizada em algumas atividades antrópicas.

Portanto, com base nos dados brasileiros apresentados, a cobertura verde demonstrou ser uma alternativa para a redução do calor externo, assim como, um isolante térmico para os ambientes internos, no qual a sua potencialidade está relacionada com a qualidade da cobertura verde construída.

5.7 Análise comparativa entre coberturas verdes e sistemas tradicionais de telhado no Brasil

O Brasil apesar de apresentar modelos de cobertura verde realizados por empresas e instituições, ainda não possui um acervo técnico que incentive, oriente e detalhe as medidas necessárias para a sua implementação. Desta forma, a existência de uma grande quantidade de

dúvidas, como custo e sobrecarga, dificulta a incorporação do conceito de cobertura verde pelas construtoras e incorporados que são os melhores mecanismos de divulgação no ramo da construção civil.

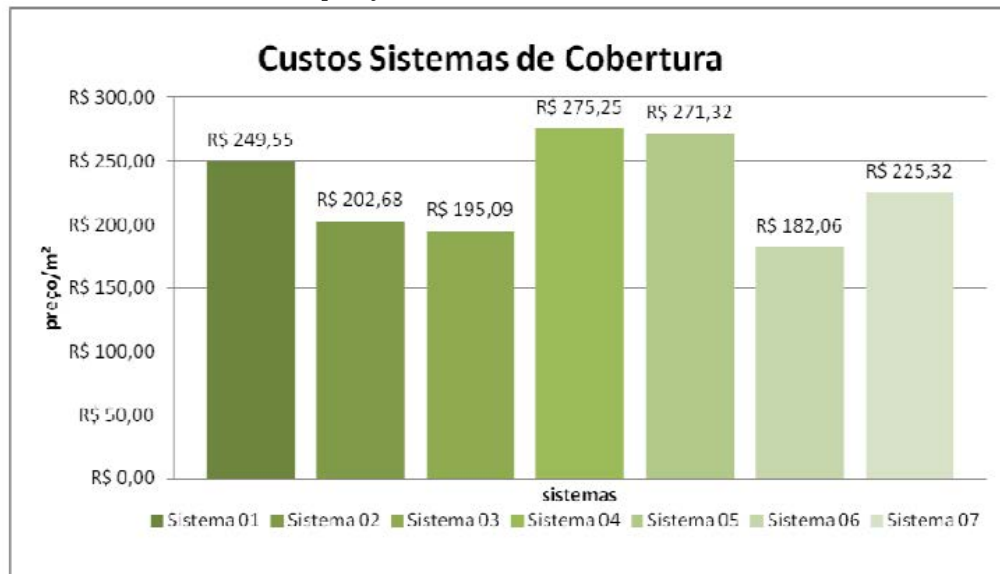
Algumas instituições tentam, através de análises, preencher estas lacunas de conhecimento e demonstrar que a escolha pela cobertura verde apresenta gastos similares comparado ao sistemas tradicionais de telhado, como será apresentado a seguir.

Cordoni (2012) analisou 7 sistemas de cobertura comparando custo e carga, por metro quadrado, de uma residência tradicional composta por dois quartos, banheiro, sala e cozinha integrados. Para a sua amostra foram escolhidos três sistemas tradicionais de telhado e outras três de técnicas de cobertura verde. No qual, tanto para a elaboração do custo, composto pela mão de obra e material, quanto para a carga, peso de cada componente construtivo, foram observados o tipo de laje e os demais elementos que distinguem uma cobertura da outra.

- **Sistema 1 - Laje com cobertura em telha cerâmica:** laje pré-moldada com lajota de cerâmica com camada de concreto de 4cm e fck de 20 MPA, e estrutura de madeira coberto com telha cerâmica.
- **Sistema 2 - Laje pré-moldada com sombreamento:** laje pré-moldada com lajota de cerâmica com camada de concreto de 4cm e fck de 20 MPA, impermeabilizada com manta asfáltica e sombreada com argila expandida.
- **Sistema 3 - Telhado com estrutura de madeira, telha cerâmica e forro em madeira:** estrutura de madeira coberto com telha cerâmica e forro de madeira tipo cedrinho de 10cm de largura e 1cm de espessura.
- **Sistema 4 - Telhado verde hexagonal:** vigas de madeira paralelamente distribuídas que suportam placas de compensado com acabamento de placa cimentícia e impermeabilizadas com manta asfáltica, suporte hexagonal com substrato e vegetação.
- **Sistema 5 - Telhado verde modular:** vigas de madeira paralelamente distribuídas que suportam placas de compensado com acabamento de placa cimentícia e impermeabilizadas com manta asfáltica, suporte modular com substrato e vegetação.
- **Sistema 6 - Telhado venacular:** vigas de madeira paralelamente distribuídas que suportam placas de compensado com acabamento de placa cimentícia e impermeabilizadas com manta asfáltica, sobreposta por duas camadas de geotêxtil separadas por uma camada de argila expandida, seguida das camadas de substrato e vegetação.

- **Sistema 7 - Telhado verde venacular sobre laje pré-moldada:** laje pré-moldada com lajota cerâmica com camada de concreto de 4cm e fck de 20 MPA, impermeabilizada com manta asfáltica, sobreposta por duas camadas de geotêxtil separadas por uma camada de argila expandida, seguida das camadas de substrato e vegetação.

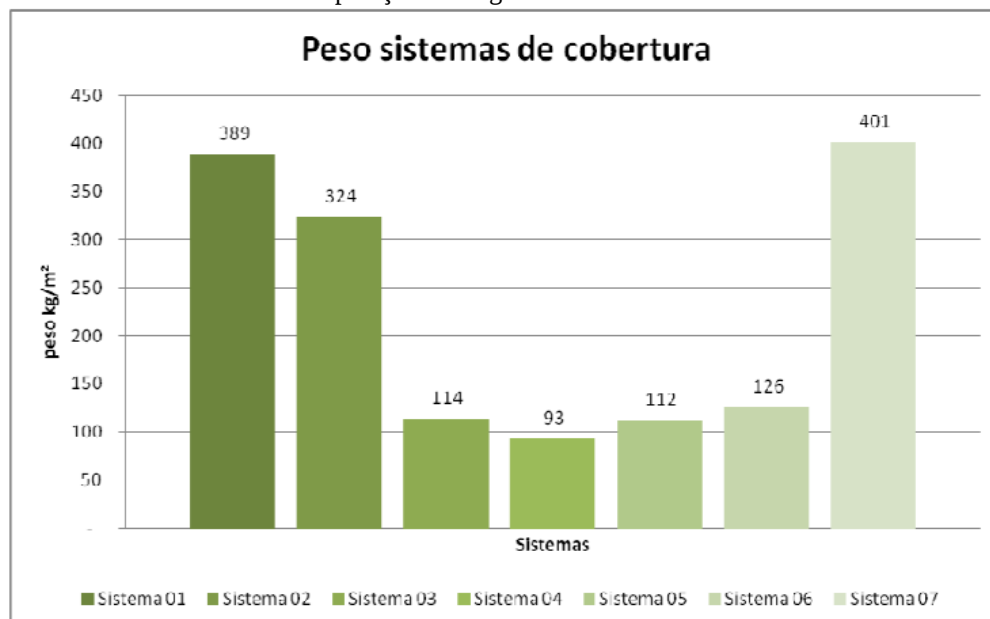
Gráfico 3 -Comparação de custos entre os sistemas de cobertura



Fonte: CORDONI (2012, p.103)

Com base nas descrições acima foi elaborado dois gráficos comparativos entre os sistemas de cobertura, um para custo e outro para carga, afim de analisar e comparar o investimento financeiro necessário para execução de cada sistema.

Gráfico 4 - Comparação de carga entre os sistemas de cobertura

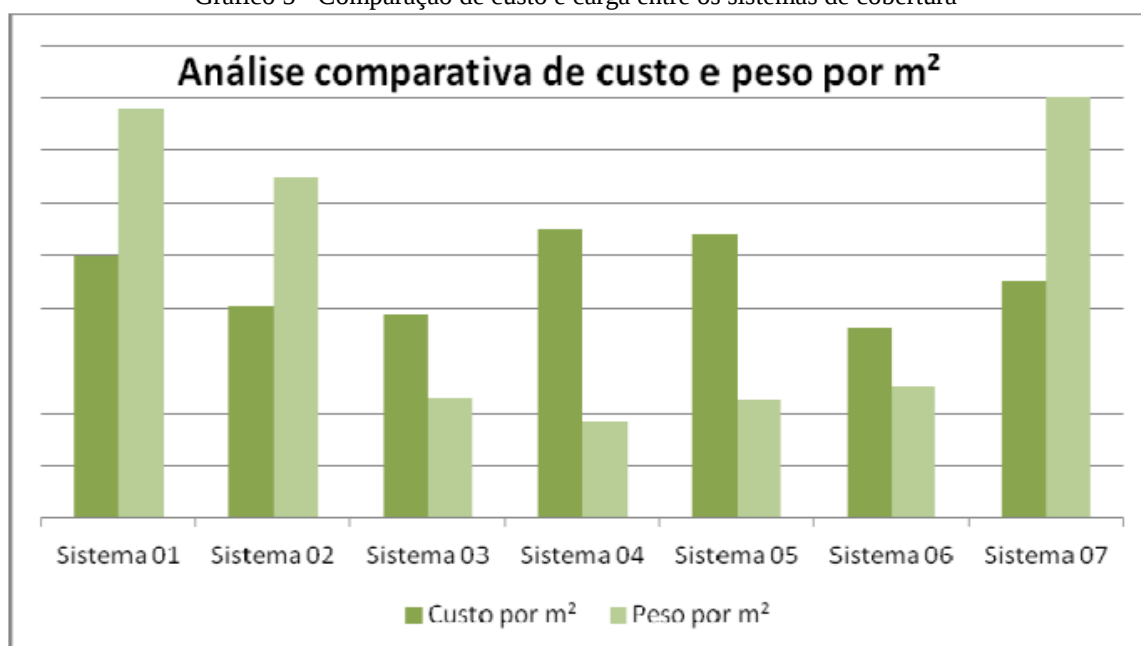


Fonte: CORDONI(2012, p.106)

Na análise realizada por Cordoni (2012) sobre o Gráfico 3, ficou evidente que , o sistema 6, um modelo de cobertura verde, apresentou o menor custo comparado aos outros sistemas, porém os sistemas 2 e 3, modelos de telhado tradicionais, demonstraram um custo superior de 10% em relação ao sistema 6. Esta porcentagem também pode ser encontrada quando comparado o sistema 1, representando as coberturas tradicionais, com os sistemas de cobertura verde 4 e 5. Desta forma, analisando somente o custo, pode-se dizer que existem sistemas de cobertura verde com valores próximos ou menores que os sistemas tradicionais, validando a ideia de que algumas técnicas de cobertura verde podem substituir opções de telhado tradicional. No entanto, sob o aspecto geral de custo, as opções de telhado convencional demonstraram-se financeiramente mais atrativas do que os sistemas de cobertura verde, representando uma tendência brasileira de continuar utilizando a tradicional cobertura.

Cordoni (2012) teve a preocupação de realizar uma comparação custo e carga, Gráfico 5, pois mesmo que um sistema apresente custo baixo de execução, se o peso for alto, o custo na estrutura que suporta a carga da cobertura será maior, desta forma o investimentos relacionados a cobertura poderão ser maiores no orçamento da obra. Neste contexto, o sistema 6 se destacou, pois apresentou uma carga pouco superior em relação aos sistemas com os menores pesos, além do baixo custo citado anteriormente. Entretanto, segundo o autor do estudo, os sistemas 4 e 5 foram os que apresentaram o melhor custo benefício no orçamento de uma obra na análise da relação custo e peso, apesar de apresentarem os maiores custos.

Gráfico 5 - Comparação de custo e carga entre os sistemas de cobertura



Fonte: CORDONI(2012, p.108)

Outros profissionais do ramo, utilizando a sua experiência tentam evidenciar os reais custos para a realização de coberturas verdes, como a engenheira Diacuy Crema, especialista em paisagismo de Curitiba, que apresenta os custos, detalhados no Quadro 6, de uma cobertura verde no modelo venacular, sem a elaboração de projeto, considerando que o local de implantação da cobertura já se apresente impermeabilizado e pronto para receber o sistema.

Quadro 6 - Estimativa de execução de cobertura verde extensiva	
Material	R\$/m ²
Gramma São Carlos ou Esmeralda (placa)	3,00
Mão de Obra (plantio da grama)	3,00 a 5,00
Terra (espessura de 10cm)	4,66
Manta MacDrain	15,80
Total:	27,46

Fonte: CREMA(2008, apud NASCIMENTO, 2008, p.68)

Por outra lado, uma empresa brasileira especializada em cobertura verde apresenta um custo de R\$80,00/m² para realizar a instalação da cobertura verde, utilizando módulos de vegetação pré cultivados, como demonstra o Quadro 7.

Quadro 7 - Estimativa de custo de cobertura verde extensiva		
Sistema	Sub- telhado	Componentes
ECOTELHADO		Geomembrana impermeabilizante PEAD ou telha flexível Onduline
Peso Saturado: 50 kg/m ² Custo: R\$80,00/m ²	Cobertura verde	Ripamento longitudinal Ecotelhas (bandejas de concreto leve expandido divididos em módulos)
Instalado no Rio Grande do Sul		Plantas resistentes à seca (crassulaceas)

Fonte: ECOTELHADO (2008, apud NASCIMENTO, 2008, p.69)

Comparando-se os custos apresentados anteriormente, pode-se afirmar que a realização de uma cobertura verde no Brasil apresenta custos amplamente variados, no qual podemos explicar pelas seguintes observações:

- **Mão de obra:** a contratação de profissionais qualificados encarece o custo de instalação, no entanto garante um serviço de qualidade evitando futuros problemas decorrentes, principalmente, de infiltração. Além disso, é preciso considerar a existência desta mão de obra próximo ao local da obra, caso contrário o traslado de uma equipe causará acréscimo de custo.
- **Material:** apesar de muitos dos materiais utilizados na cobertura verde serem de fácil acesso em todo território nacional, o desconhecimento da correta utilização de alguns deles pode vir a ser um fator que encareça a instalação. As instituições que

apresentam técnicas sólidas e simples, podem ser um meio economicamente seguro comparado a tentativas experimentais.

- **Tipo de cobertura:** apesar dos dados apresentados serem referentes a cobertura verde extensiva, pode-se dizer que a opção por coberturas verdes mais elaboradas com variedades de plantas e ornamentos são mais caras devido ao aumento da mão de obra e do material.
- **Clima:** as condições climáticas podem interferir em alguns elementos da cobertura verde exigindo que sejam ampliados para garantir a eficiência do sistema. Por exemplo, regiões com altos índices pluviométricos requerem melhores impermeabilizações, camadas drenantes mais largas e estruturas mais resistentes devido a saturação do substrato e do volume de água retido sobre a cobertura.

Em países com maior experiência na utilização da cobertura verde, verificou-se que os modelos tradicionais de telhado são mais baratos em relação as técnicas de cobertura verde. No entanto, aqueles que acreditam na potencialidade e nos benefícios da cobertura verde, criam incentivos fiscais com a perspectiva que o investimento neste modelo de cobertura trará um retorno a médio prazo tanto para o proprietário da cobertura, seja pela redução dos gastos energéticos, captação de água da chuva ou acréscimo de espaço para prática de atividades, quanto para o ambiente local, reduzindo a poluição, criando corredores verdes ou minimizando os efeitos da ilha de calor.

Quando não existem nos países um nicho de mercado bem estabelecido que favoreça a escolha dos meios construtivos por um modelo de cobertura com maiores benefícios ambientais, é preciso estudar cada projeto afim de encontrar a cobertura com maior viabilidade financeira. Baseando-se nas informações apresentadas, será coerente dizer que haverão casos em que o investimento para a realização de uma cobertura verde será menor e conseqüentemente haverá melhor aproveitamento dos seus benefícios, assim como, telhados tradicionais serão financeiramente mais interessantes em alguns projetos.

Por outro lado, a concepção de uma boa cobertura verde vai muito além das informações utilizadas nos dados apresentados anteriormente, mas existindo ou não acréscimo de custo, o mito que as coberturas verdes são muito mais caras que telhados convencionais é falso. Sugerindo a possibilidade de implementação nas mais variadas configurações de cobertura, desde residências a edifícios, quando demonstrarem viabilidade financeira ou realizadas através de incentivos governamentais.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Município de São José dos Campos

Figura 23 - Localização do município de São José dos Campos

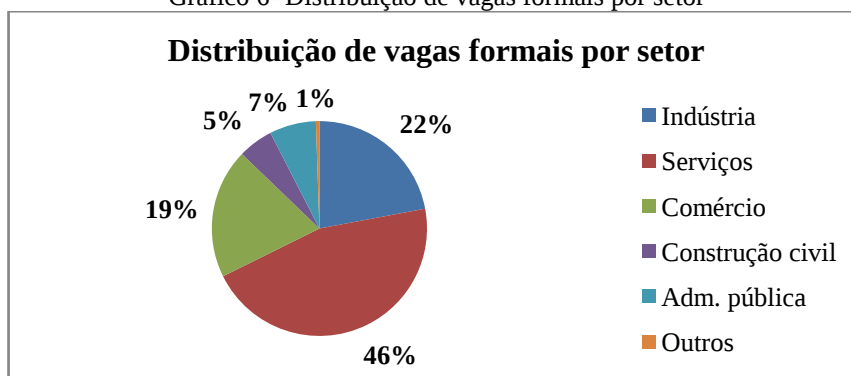


Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Jos%C3%A9_dos_Campos

São José dos Campos, município localizado no Vale do Paraíba, região leste do estado de São Paulo, Brasil, apresenta território de 1.099,409 Km² e previsão de atingir 681.036 habitantes em 2014, desta forma é classificado como o 7º município mais populoso do estado de São Paulo e o 27º do país.

Atualmente, o município conquistou o 24º lugar no índice de desenvolvimento humano municipal (IDH-M) com o valor de 0,807 e apresentou PIB de 28.089.096 em 2012, classificando-se em 21º colocado na posição nacional e 8º na posição estadual. A economia gerada no município procede do setor industrial e de serviços, disponibilizando 211.462 vagas de emprego formais em 2013, dos quais se destacam as empresas Embraer e General Motors pela repercussão nacional e forte impacto econômico.

Gráfico 6- Distribuição de vagas formais por setor



Fonte: www.sjc.gov.br

De acordo com censo de 2010, dos 629 mil habitantes contabilizados, 97,73% deles vivem na zona urbana e 2,27% na zona rural. A cidade de São José dos Campos conta com um total de 189.503 domicílios, conforme o Quadro 9.

Quadro 8 - Distribuição da população por zona urbana e rural

	Nº de Habitantes	Área (Km²)	Densidade Demográfica (Hab/Km²)
Zona urbana	615.610	353,9	1739,50
Zona rural	11.934	745,7	16,00
TOTAL	629.921	1099,409	572,96

Fonte: IBGE (2014)

Quadro 9 - Quantidade de domicílios por categoria

Tipo de Domicílio	Quantidade	Porcentagem (%)
Apartamento	33.343	17,59
Casa	151.863	80,14
Casa de vila ou em condomínio	3.715	1,96
Habitação em casa de cômodos ou cortiços	582	0,31
TOTAL	189.503	100%

Fonte: IBGE (2014)

Em decorrência da sua história, marcada pelo incentivo a instalação de indústrias desde 1930, o município de São José dos Campos presenciou aumentos expressivos na quantidade de habitantes, questão que no decorrer do anos impactou o processo de urbanização atual, mas contribui para destacar a cidade como pólo econômico do Vale do Paraíba e Litoral Norte.

Quadro 10 - Crescimento populacional desde 1940.

Ano	Nº de Habitantes
1940	36.279
1950	44.804
1960	77.533
1970	148.332
1980	287.513
1991	442.370
1996	483.659
2000	539.313
2007	594.948
2010	629.921
previsão de 2014	681.036

Fonte: PMSJC(2014)

6.1.1 Histórico

A origem da cidade data do final do século XVI quando se formou a Aldeia do Rio Comprido, uma fazenda jesuítica que utilizava da pecuária para evitar a incursão dos bandeirantes. Expulsos em 1611, os jesuítas voltam anos mais tarde se instalando em uma planície à 15 quilômetros de distância onde está localizado a igreja Matriz de São José, local que deu início a cidade.

Figura 24 - Igreja Matriz de São José dos Campos.



Fonte: www.saojosedoscamos.com.br

Depois de 1759, quando os jesuítas foram expulsos do Brasil tendo suas posses confiscadas por Portugal. A até então aldeia de São José foi elevada a vila com o nome de São José do Paraíba pelo governador geral D. Luís António de Sousa Botelho Mourão, o Morgado de Mateus.

Entretanto, a emancipação política não trouxe grandes benefícios, visto o forte cenário de Minas Gerais. A mudança econômica só veio a acontecer em meados do século XIX , através da expressiva produção de algodão exportado para a indústria têxtil inglesa.

A partir de 1871, depois de ganhar seu atual nome de São José dos Campos, através de uma lei provincial, e ter uma singela participação na produção de café, o município começou a se destacar como estância climática como consequência natural de seus bons ares.

Figura 25 - Estação da Estrada de Ferro Central do Brasil e arredores.



Fonte: www.achetudoeregiao.com.br

Em 1924 é inaugurado o sanatório Vincentina Aranha, o maior do país. Mas somente em 1935, quando o município se transforma em estância climática e hidromineral, é que começa a receber recursos do governo de Getúlio Vargas e investir na infra-estrutura, principalmente na área de saneamento básico.

Figura 26 - Sanatório Vincentina Aranha.



Fonte: www.skyscrapercity.com

O processo de industrialização tomou impulso em 1950, com a criação do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), e em 1951 com a realização da Via Dutra, ligando Rio de Janeiro à São Paulo, através de uma estrada pavimentada. Desde então, o processo de urbanização começou a se acelerar.

Figura 27 - Via Dutra e ao fundo o Centro Técnico Aeroespacial - CTA.



Fonte: ninja-brasil.blogspot.com.br

Em 1969, a criação da Embraer iniciou uma nova etapa de desenvolvimento, gerando muitos empregos e mão de obra especializada, fazendo com que o município seja considerado a Capital da Aviação.

Em 1977, com a inauguração da Refinaria Henrique Lage (REVAP) houve a abertura de novos postos de trabalho e ,no ano seguinte, a recuperação da autonomia administrativa, permitiu que o município voltasse a eleger seus prefeitos.

A rodovia Carvalho Pinto, prolongamento da rodovia Ayrton Senna, ampliou o acesso da cidade de São Paulo à região de São José dos Campos em 1994, trazendo para a região novos investimentos.

Recentemente, nos anos de 2012 e 2013, a criação da "Região Metropolitana do Vale do Paraíba " e da instituição do "Fundo de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte" continuam estimulando o desenvolvimento econômico da cidade e região.

Hoje, São José dos Campos é referência na região, destacando-se como centro regional de compras, serviços e desenvolvimento tecnológico que atende mais de 2 milhões de habitantes do Vale do Paraíba e sul de Mina Gerais.

6.1.2 Processo de urbanização

Em decorrência da sua história, São José dos Campos passou por períodos de grande expansão urbana e crescimento populacional.

Nos anos 30, período histórico conhecido como sanatorial, a nomeação de prefeitos sanitaristas contribuiu para que o município desenvolvesse seus primeiros planos de estruturação urbana, onde se destacam a preocupação em realizar vias largas e recuos dos prédios para facilitar a passagem do ar e garantir a insolação nos edifícios. Desta forma, com o desenvolvimento do município na direção Nordeste/Sudoeste nas proximidades da Estrada de Ferro Centra do Brasil (EFCB), da SP-50 que liga São José dos Campos à Campos do Jordão e Sul de Minas, da Rodovia Washington Luiz (antiga estrada velha Rio - São Paulo) e do Rio Paraíba do Sul, a administração pública decide dividir o já existente aglomerado urbano e os novos loteamentos em zonas: sanatorial, industrial comercial e residencial, a fim de favorecer o progresso industrial sem afetar as condições de vida que caracterizavam a cidade como Estância Climática.

Com a chegada dos anos 50, o eixo de desenvolvimento urbano passou a acompanhar a Via Dutra que aliado aos incentivos fiscais fez com que inúmeras indústrias se instalassem as margens da rodovia. Neste período, as zonas sanatoriais são gradativamente reduzidas até serem absorvidas por completo pelas zonas comerciais e residenciais do município.

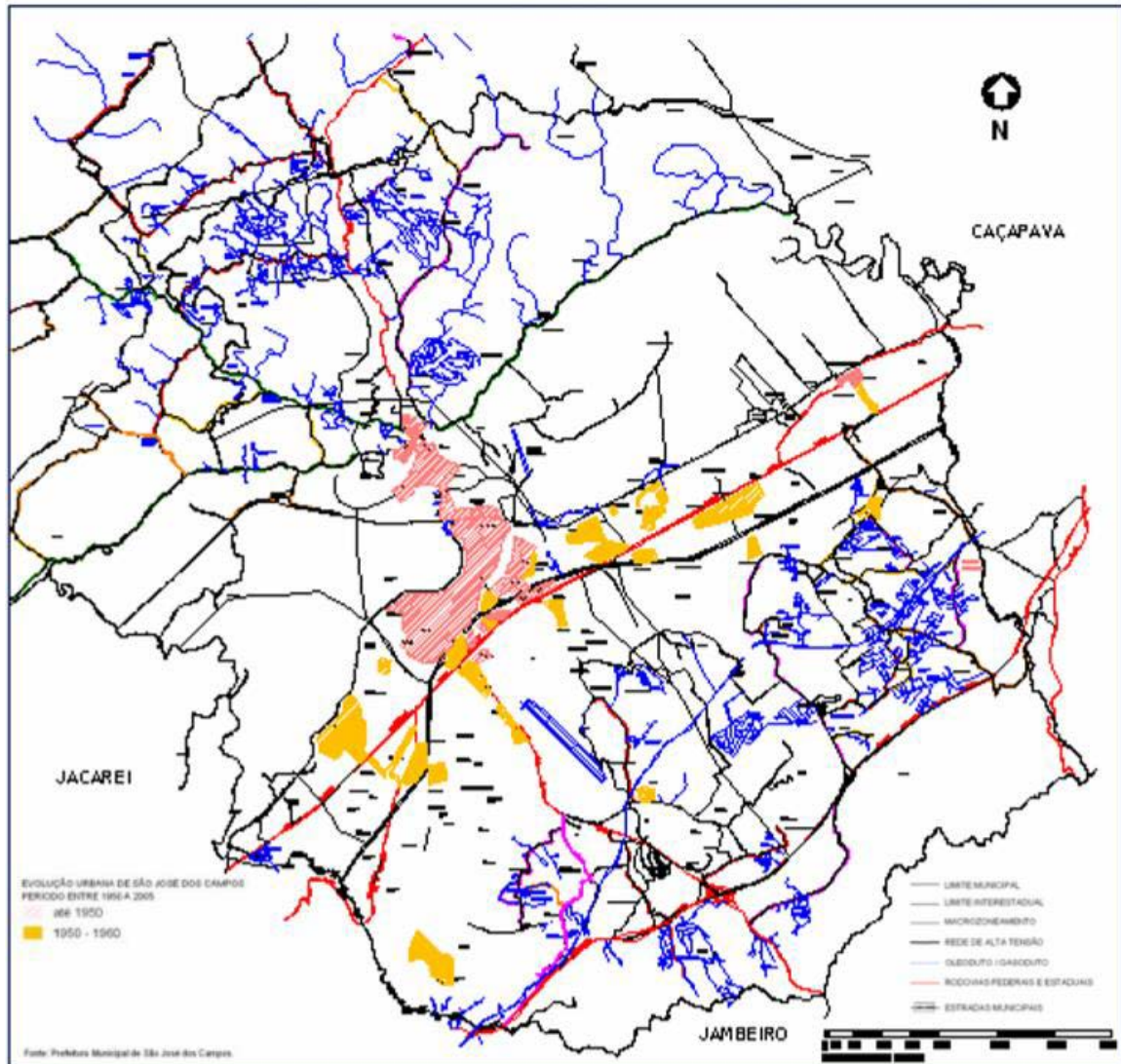
Por conta desta nova etapa industrial e do aumento demográfico, a prefeitura começou a se preocupar com a qualidade das moradias, exigindo através do Código de Edificações de São José dos Campos, elaborado em 1958, que os novos loteamentos só fossem aprovados se houvesse um plano de obras para a instalação das redes de água e luz e prova da capacidade financeira dos interessados para arcar com as despesas da execução dos serviços.

Portanto, foi a partir de 1958, com a formação da Comissão do Plano Diretor do Município e com as medidas da prefeitura municipal que a cidade obteve uma fiscalização efetiva, norteadas por uma legislação própria, afirma Costa (2007).

Durante os primeiros anos da ditadura militar, o município não perdeu a preocupação no desenvolvimento da estrutura urbana. Dada a sua importância como base de segurança nacional, título obtido pela existência do Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), o

município recebeu recursos e orientações dos planos diretores, criados pelos militares, a fim de alavancar economicamente a cidade, tornando-se referência na região.

Figura 28 - Mapa da evolução urbana de São José dos Campos até 1960.



Fonte: COSTA (2007, p.88)

Com a criação do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de São José dos Campos (PDDI), nos anos 70, o município passou a estimular a ocupação e adensamento de grandes vazios urbanos, ocupando o solo linearmente. Desta forma, foram construídos edifícios habitacionais coletivos e comerciais, conjuntos habitacionais verticais e horizontais com o objetivo de atender à essas propostas.

Segundo Costa (2007), na Zona Leste, os bairros Vila Industrial e Jardim Ismênia são exemplos desta política, que aliados ao projeto CURA - Comunidade Urbana de Recuperação Avançada, financiada pelo BNH, transformaram a região fornecendo infra-estrutura básica e equipamentos para educação saúde e lazer.

Figura 29 - Conjuntos habitacionais na Região Leste e Projeto CURA.



Fonte: COSTA (2007, p.94)

Outras áreas também foram beneficiadas, como a Região Central que iniciou o processo de verticalização e a Região Sul que sofreu o maior impacto devido o número de indústrias, quantidade de loteamentos e implantações de conjuntos habitacionais.

Nos anos seguintes, com a aprovação de leis e decretos que regulamentavam a utilização do solo, esperava-se que a expansão urbana fosse desacelerar quando encontrasse com as principais estruturas e limites físicos do município, como as rodovias, a ferrovia e o Rio Paraíba do Sul, no entanto, isso não ocorreu. A região central, por exemplo, começou a se especializar em atividades de comércio e serviço substituindo os domicílios que migravam para as áreas de verticalização e bairros mais distantes do centro.

Neste contexto, enquanto a PDDI visava atrair o capital industrial, a elaboração do Plano Regional do Macro-Eixo Paulista no âmbito estadual, observou que o planejamento até então realizado realocava estruturas e serviços sem verificação das demandas sociais.

Em 1979, assume por voto popular, o Prefeito Joaquim Bevilacqua, que desenvolve em seu mandato um grande projeto habitacional na região sul, conhecido como Campos do Alemães, com previsão de 8.000 unidades habitacionais. Além disso, com o desenvolvimento de outros projetos ficou claro que os dirigentes do setor urbano não se preocupavam em seguir o PDDI de 1971, pois o município voltava a se expandir horizontalmente, como relata Costa (2007).

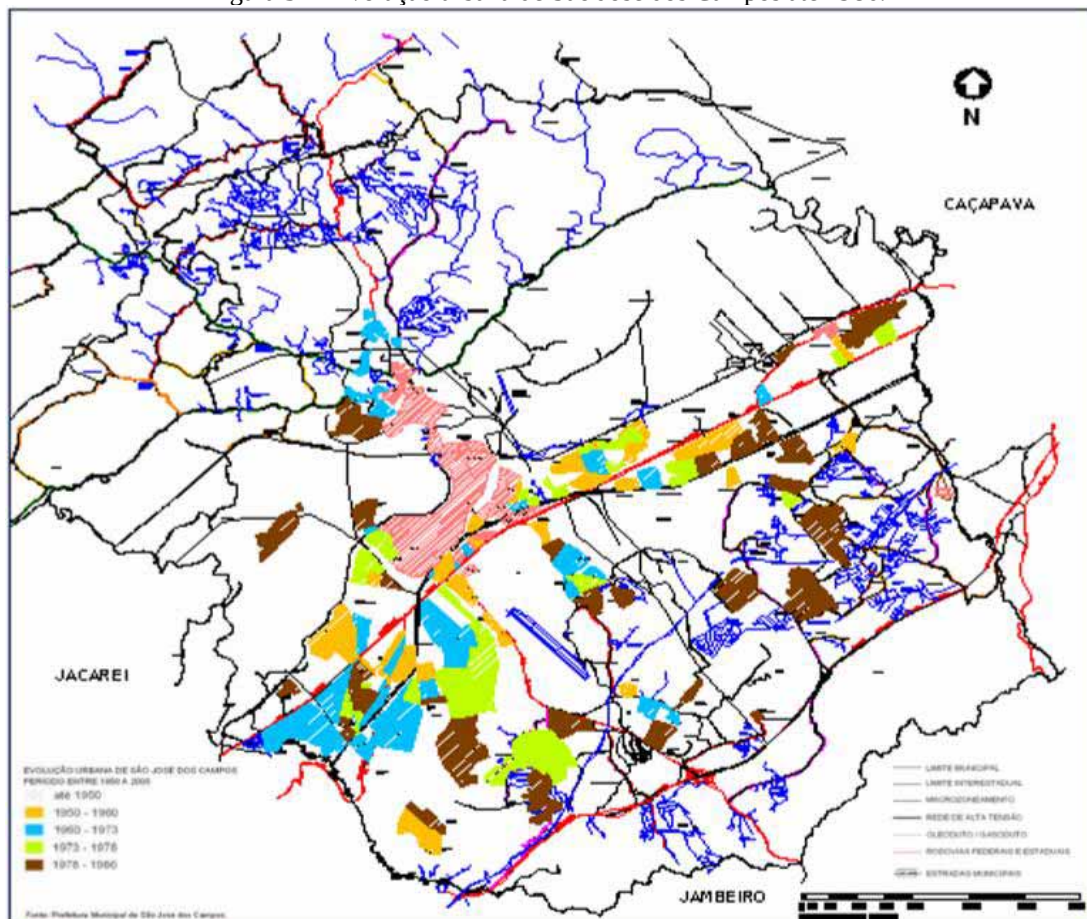
Figura 30 - Bairro Campos dos Alemães e Conjuntos Habitacionais da Região Sul.



Fonte: COSTA (2007, p.44)

Nos anos 80, a preocupação com os inúmeros loteamentos irregulares cresce, fazendo com que a administração pública retraia o perímetro urbano esperando que a expansão da malha urbana ocupe os vazios, tornando a cidade homogênea. Entretanto, devido as falhas na Lei de Parcelamento, a ocupação da Zona Rural acaba se intensificando.

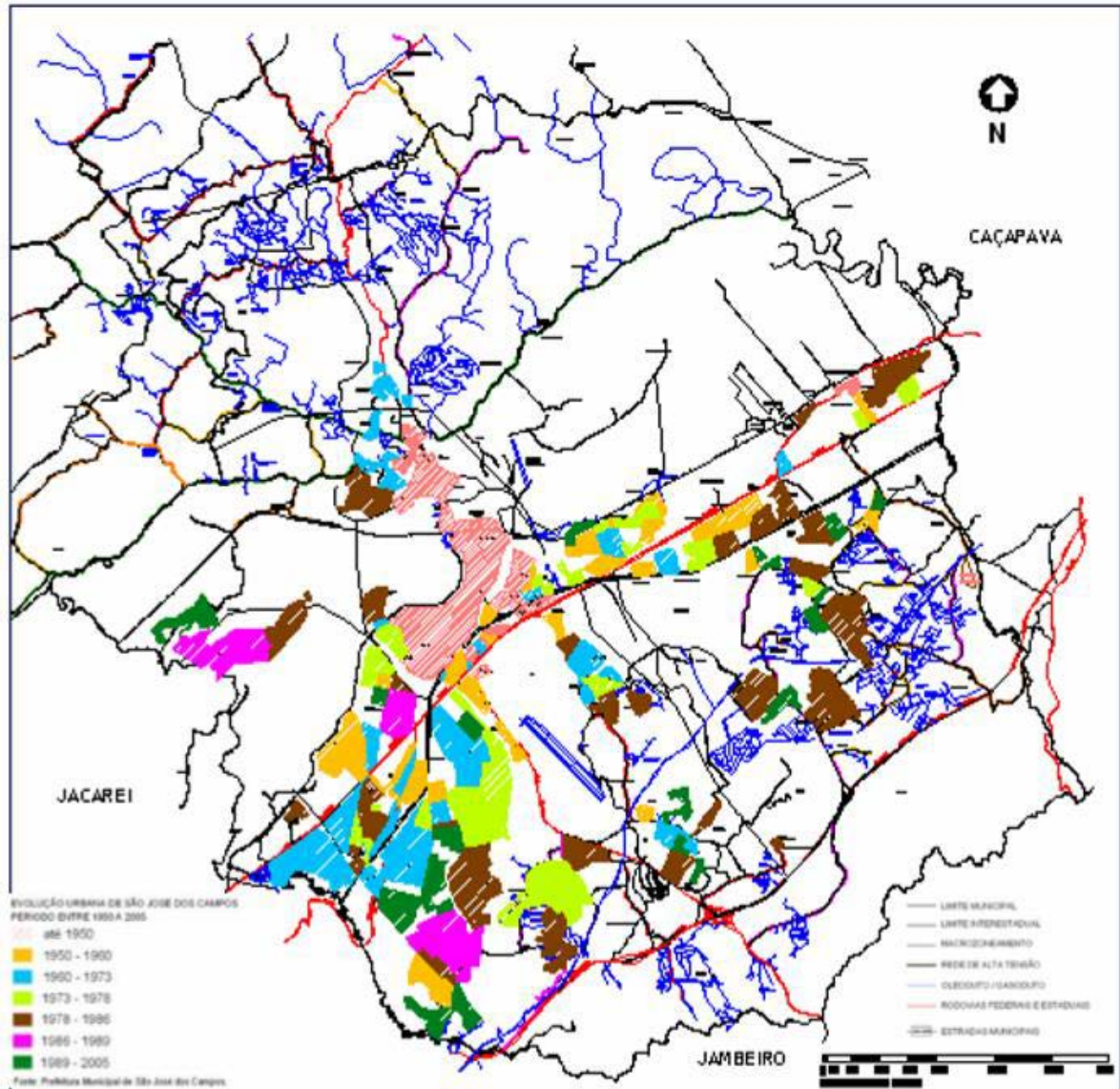
Figura 31 - Evolução urbana de São José dos Campos até 1986.



Fonte: COSTA (2007, p.102)

Na década seguinte, a administração pública interessada em desenvolver programas habitacionais entra em conflito com as orientações estaduais que começam a prever zonas de preservação ambiental. Contudo, as diretrizes do processo de expansão urbana só voltaram a ser mais efetivas quando as leis existentes foram revisadas, resultando na criação de zonas específicas e com regulamentações claras sobre a utilização do solo.

Figura 32 - Evolução urbana de São José dos Campos até 2005.



Fonte: COSTA (2007, p.105)

A partir dos ano 2000, o município inicia o processo de reforma paisagística, realizando por toda a cidade a revitalização de praças, parques, vias urbanas e centros sociais. No entanto, a quantidade de recursos é insuficiente para solucionar os problemas de ocupação irregular, como o Pinheirinho. Além disso, com o aquecimento da construção civil, inicia-se o super adensamento de alguns bairros decorrente da extrema verticalização das habitações, como o Jardim Aquários.

Figura 33 - Vista do Anel Viário e do bairro Jardim Aquários ao fundo.



Fonte: ovaleemfoco.blogspot.com.br

Figura 34 - Vista do Parque Vicentina Aranha e arredores.



Fonte: PMSJC (2014)

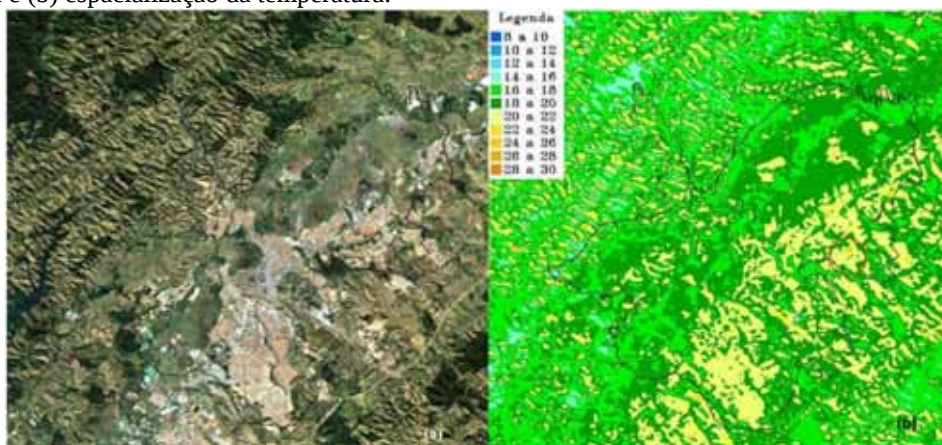
Devido as condições atuais, a administração pública novamente reestruturou as leis de zoneamento, percebendo a tendência de transformação da cidade em uma metrópole e considerando que o desenvolvimento urbano já conquistado vêm gerando inúmeros efeitos negativos para a qualidade de vida de seus habitantes, caracterizados pela difícil mobilidade urbana, déficit de estruturas básicas, volume de resíduos produzidos, degradação ambiental e modificações climáticas.

6.1.3 Evidências da Ilha de Calor

Em decorrência do acelerado processo de urbanização que ocorre desde 1930, o município de São José dos campos passou a apresentar os efeitos colaterais das Ilhas de Calor, originadas da substituição da camada natural por outros materiais (concreto, asfalto, solo nu, etc.) e da ação antrópica.

Estudos realizados por Andrade et al. (2007), observando dados termais do satélite Landsat 5, evidenciam variações térmicas, típicas da ilha de calor, em áreas densamente urbanizadas no município de São José dos Campos, sejam elas industriais ou residenciais, no qual as figuras e dados do autor a seguir, ilustram e analisam o comportamento da ilha de calor em decorrência da formação urbana que se diversifica em cada região do município.

Figura 35 - Imagem: (a) dos canais visíveis do satélite Landsat 5 de São José dos Campos no dia 10/06/06 às 10:00h local e (b) espacialização da temperatura.

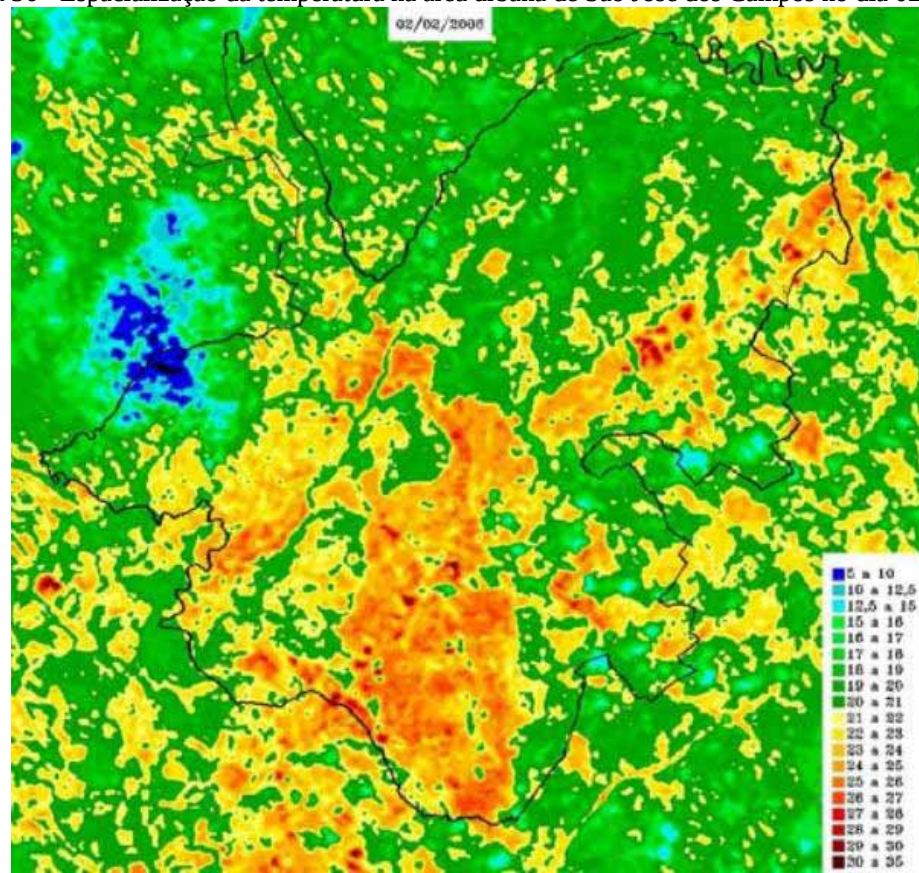


Fonte: ANDRADE et al. (2007, p.477)

Na Figura 35, observa-se que as áreas urbanas apresentam temperaturas entre 20 e 24°C, enquanto nas áreas com vegetação (áreas de cultura, pastagens, mata ou capoeira e proximidades dos corpos d'água) a variação da temperatura foi entre 16 e 18°C. Já as áreas predominantemente industriais apresentaram picos de temperatura até 4°C maiores que a temperatura das regiões urbanas em geral.

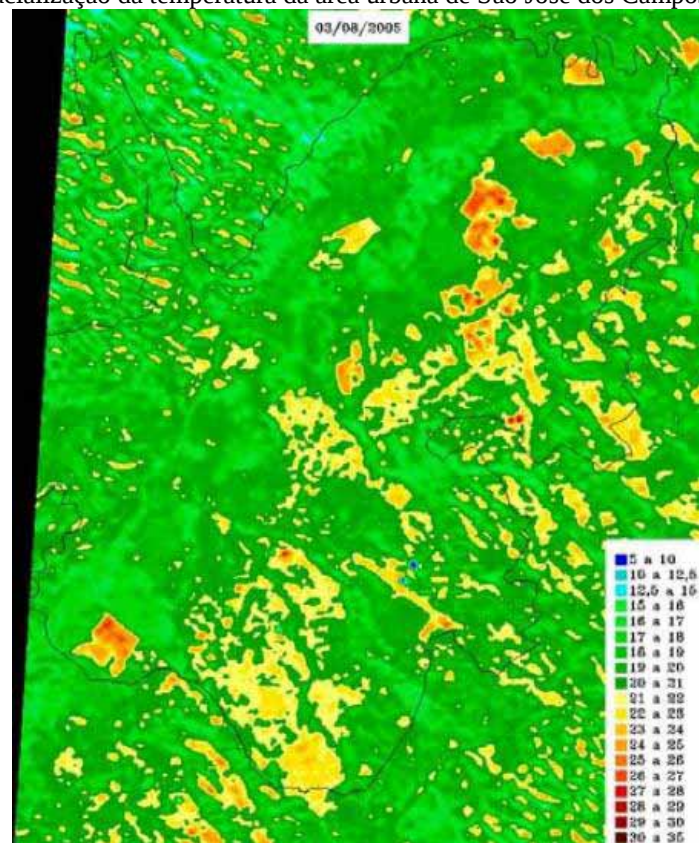
Também foi possível identificar que a Ilha de Calor não é restrita ao verão, estação mais quente do ano, apesar de ocorrer com menor intensidade no inverno. Na Figura 36, imagem obtida no verão, é evidente o aumento de manchas térmicas, no qual a maior parcela da Ilha de Calor têm temperaturas variando entre 21 e 28°C e alguns pontos com temperaturas mais quentes entre 28 e 32°C. Entretanto, mesmo ocorrendo a redução das manchas térmicas no inverno, a Ilha de Calor varia entre 21° e 27°C, apesar de que muitos dos locais que tiveram temperaturas de destaque no verão, demonstram temperaturas iguais ou próximas ao seu entorno, variando entre 15 e 21°C, como observado na Figura 37.

Figura 36 - Espacialização da temperatura na área urbana de São José dos Campos no dia 02/02/06.



Fonte: ANDRADE et al. (2014)

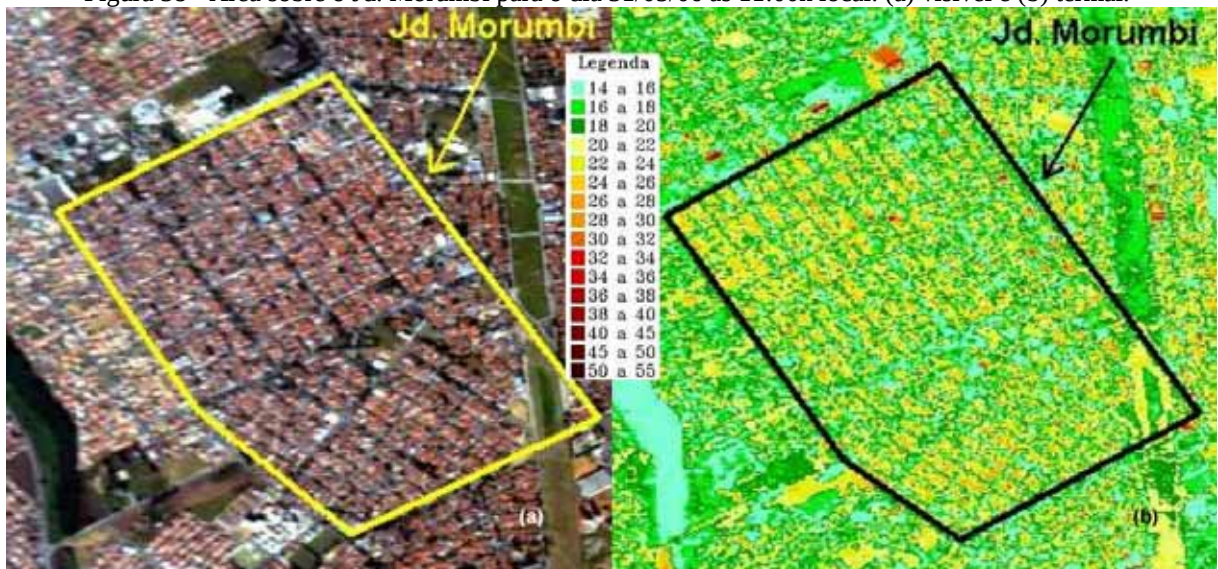
Figura 37 - Espacialização da temperatura da área urbana de São José dos Campos no dia 03/08/05



Fonte: ANDRADE et al. (2014)

Outro aspecto importante da relação Ilha de Calor e área urbana é a análise dos adensamentos horizontais e verticais. Na Figura 38, referente ao bairro Jardim Morumbi cujo o adensamento é horizontal, as temperaturas observadas foram relativamente altas entre 20 e 26°C, enquanto que as temperaturas dos locais de vegetação estavam entre 16 e 20°C. Em relação aos adensamentos horizontais, a justificativa da Ilha de Calor ocorre pela alta taxa de ocupação do solo e pelo uso de material cerâmico na cobertura das casas.

Figura 38 - Área sobre o Jd. Morumbi para o dia 31/05/06 às 11:00h local: (a) visível e (b) termal.



Fonte: ANDRADE et al. (2007, p.477)

No caso do Jardim Aquários, adensamento vertical indicado na Figura 39, as temperaturas obtidas na data da imagem não caracterizaram Ilha de Calor que pode ser justificado pelo fato da localização do local ser mais elevada (onde as correntes de ar são mais frequentes) e existir um espaçamento entre os prédios, permitindo a ventilação e renovação do ar da região. No entanto, não pode se descartar a possibilidade de ocorrer o efeito da Ilha de Calor neste local, pois as condições climáticas (intensidade e direção do vento, insolação, precipitação e nebulosidade) são fatores decisivos para a ocorrência de maior ou menor intensidade da Ilha de Calor.

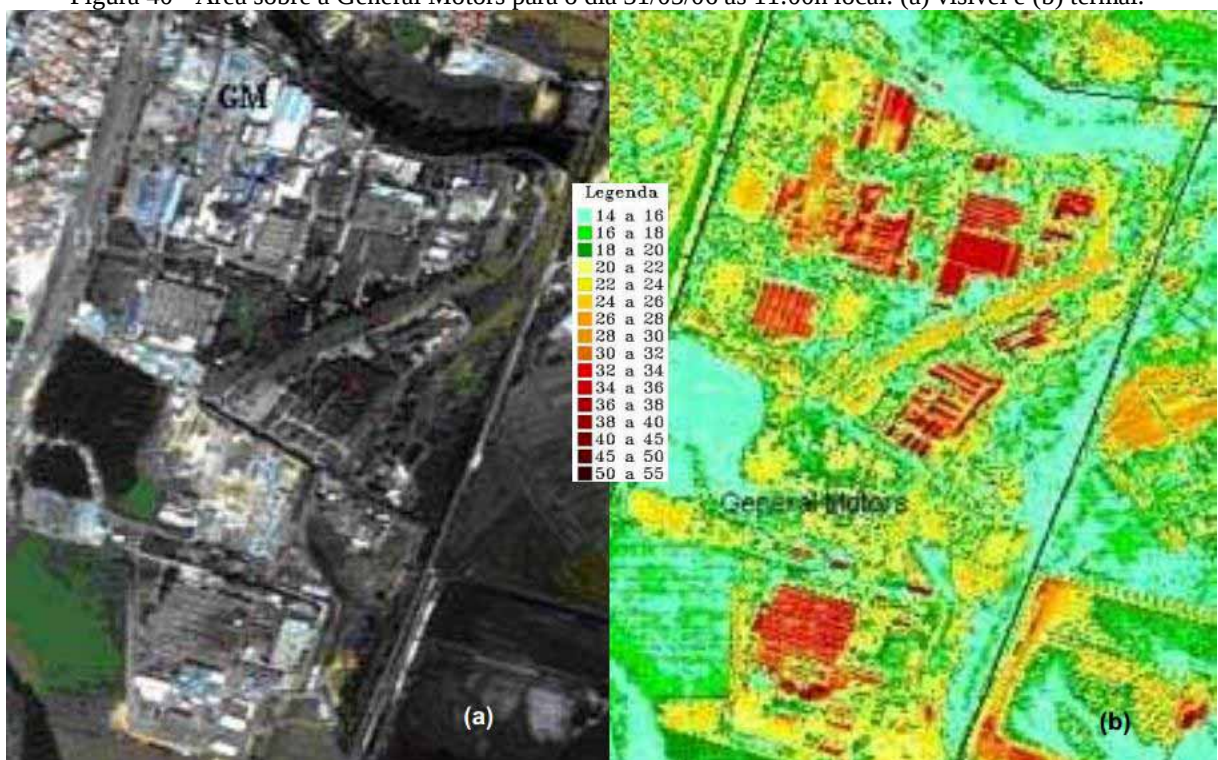
Na análise de áreas industriais, é perceptível como o material utilizado nas construções são importantes no processo de absorção e radiação do calor. Na Figura 40, referente aos galpões da fábrica da General Motors (GM), as temperaturas das coberturas dos galpões e dos estacionamentos chegaram a patamares mais altos em relação a áreas residenciais, variando entre 30 a 45°C, sendo que nas áreas verdes previstas pela taxa de ocupação do solo, as temperaturas encontradas foram de 14 à 18°C.

Figura 39- Área sobre o Jd. Aquários para o dia 31/05/06 às 11:00h local: (a) visível e (b) termal.



Fonte: ANDRADE et al. (2007, p.478)

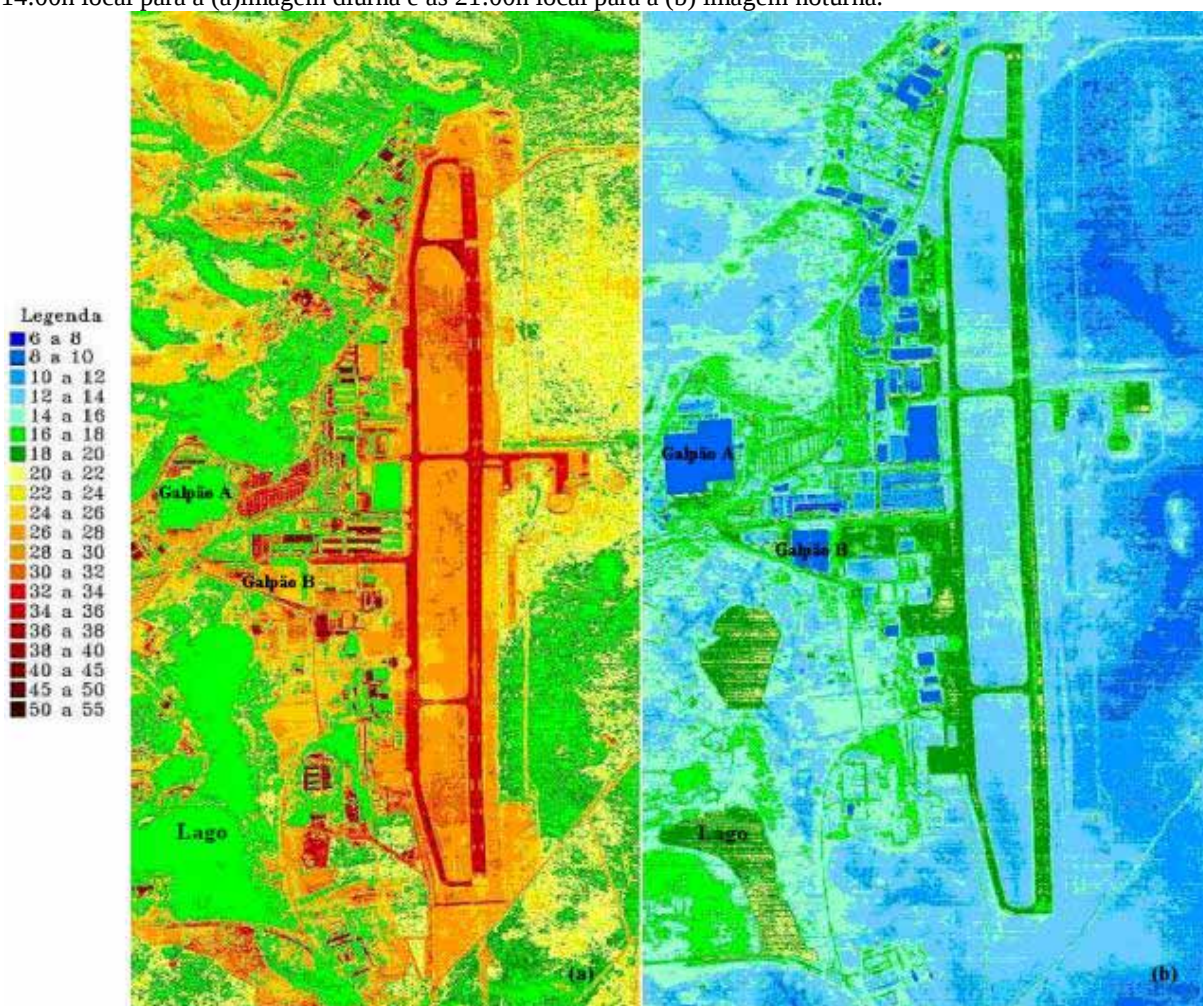
Figura 40 - Área sobre a General Motors para o dia 31/05/06 às 11:00h local: (a) visível e (b) termal.



Fonte: ANDRADE et. al (2007, p.478)

Outro destaque desta análise, decorre da variação da temperatura entre o período diurno e noturno, onde é perceptível a ação de lagos e matas atuando como ilhas de frescor durante o dia e ilhas de calor durante a noite, como observado na Figura 41. Este acontecimento deve-se ao tempo necessário para estes elementos atingirem a temperatura máxima durante o período de iluminação solar e dissiparem o calor armazenado durante o período noturno.

Figura 41 - Espacialização da temperatura na região do Aeroporto de São José dos Campos no dia 30/05/06 às 14:00h local para a (a) imagem diurna e às 21:00h local para a (b) imagem noturna.



Fonte: ANDRADE et al. (2007, p.479)

Desta forma, através da análise das imagens, é evidente que os efeitos da Ilha de Calor se encontram presentes no cotidiano do município de São José dos Campos e que a sua ocorrência afeta toda a malha urbana, seja com menor ou maior intensidade, de acordo com as condições climáticas do momento e da preservação ou existência de elementos naturais ao redor. Por outro lado, esses estudos podem servir de indicativo para as mudanças climáticas que vêm ocorrendo na região, visto que a substituição da camada natural por materiais de condução e irradiação térmica diferentes induzem uma variedade de mudanças nos elementos que compõem o clima.

6.2 Caracterização do local de estudo

Para a realização do estudo de caso, foi escolhido a cobertura de um edifício em construção localizado no bairro Jardim das Indústrias, situado na zona oeste do município de São José dos Campos, São Paulo.

Figura 42- Imagem externa do edificio



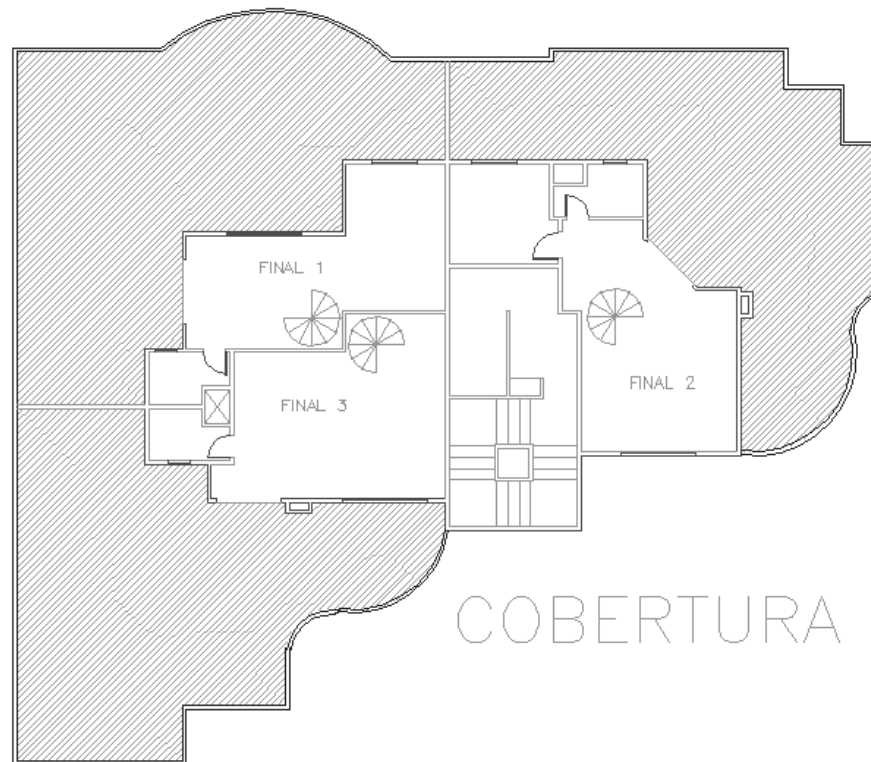
Fonte: www.operaconstrutora.com.br

O edifício contém 7 andares, 3 apartamentos por andar, onde cada apartamento tem, aproximadamente, 100 metros quadrados, com exceção dos apartamentos do último andar que são interligados com a cobertura, dobrando a área dos apartamentos e os caracterizando como duplex. Na cobertura, Figura 43, cada apartamento conta com uma área interna, composta de uma sala e um banheiro, e uma área gourmet externa de aproximadamente 65m² que será revestida com piso cerâmico e ficará aberta ao tempo.

Por ser um prédio ainda em construção, especificamente na etapa de acabamento, serão estabelecidos alguns pré-critérios sobre o local de estudo, área externa da cobertura, para possibilitar o aprofundamento das especificações e análises dos elementos da cobertura verde, além das suas vantagens e desvantagens. Portanto, imaginando que os 21 apartamentos deste prédio, em especial os 3 apartamentos do 7º andar, ainda serão vendidos, seja pela construtora ou por um investidor, e que as especificações da cobertura precise agradar o maior número de possíveis compradores, formulou-se os critérios a seguir:

- aproveitar o máximo da área, garantindo total circulação;
- apresentar a menor espessura possível, evitando a criação de degrau entre a área interna e externa da cobertura;
- apresentar baixo custo de manutenção;
- possibilitar melhorias pelo proprietário final.

Figura 43 - Croqui da cobertura, área externa hachurada.



Fonte: O Autor

As figuras a seguir ilustram as condições de acabamento da cobertura durante a visita realizada no dia 02/12/14. Contudo é importante ressaltar, que o acabamento programado para a área externa da cobertura é piso cerâmico, desta forma, as figuras representam a preparação do local para esta finalidade, e que o estudo de caso tem o objetivo de analisar a viabilidade técnica, econômica e estrutural para implementação de uma cobertura verde no lugar do piso cerâmico. Desta forma, este estudo ficará restrito aos assuntos relacionados a cobertura verde, respeitando quaisquer decisões dos responsáveis pela construção do edifício.

Figura 44 - Área externa da cobertura do final 3.



Fonte: O Autor.

Figura 45 - Área externa da cobertura referente ao final 1 e ao fundo do final 3.



Fonte: O Autor.

Figura 46 - Área externa da cobertura do final 1.



Fonte: O Autor.

Figura 47 - Área externa da cobertura do final 1 e ao fundo final 2.



Fonte: O Autor.

Figura 48 - Área externa da cobertura do final 2 e ao fundo divisa com o final 1.



Fonte: O Autor.

Figura 49 - Área externa da cobertura do final 2 e ao fundo, lado direito, final 1.



Fonte: O Autor.

Figura 50 - Área externa da cobertura do final 2.



Fonte: O Autor.

6.2.1 Contexto urbano

Figura 51 - Localização do edifício



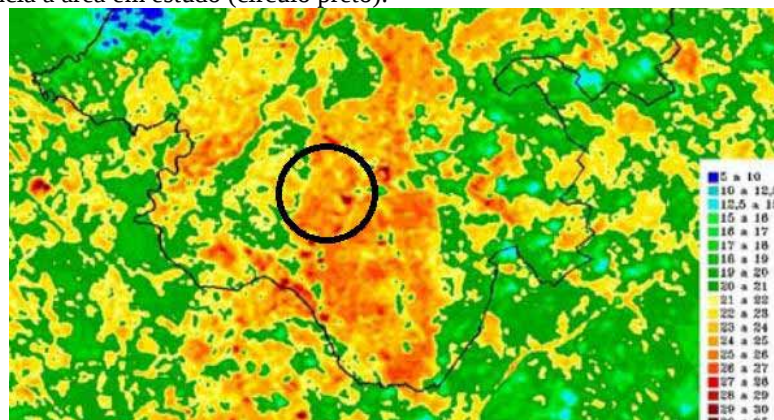
Nota: O edifício está localizado no ponto vermelho, na divisa entre o bairro Jd. das Indústrias e Alvorada.

Fonte: GoogleMaps

Sobre os aspectos urbanos, o sítio onde se encontra o edifício é caracteristicamente um adensamento horizontal, compostos pelos bairros Jardim das Indústrias e Alvorada, e por ser um área semelhante ao Jardim Morumbi analisado no item 6.4, pode-se afirmar que os efeitos colaterais da ilha de calor são elementos presentes no cotidiano desses moradores, como destacado na Figura 52. Porém as áreas verdes existentes ao redor reduzem ou eliminam estes efeitos quando as condições climáticas encontram-se favoráveis, como demonstra a Figura 53.

Entretanto, se pensarmos na possibilidade da expansão urbana se estender para os arredores desse aglomerado urbano, é evidente que a quantidades de áreas verdes e arborização ao longo das ruas serão insuficientes para manter as condições climáticas atuais, representando um drástica depreciação da qualidade de vida para seus moradores conforme for ocorrendo a expansão urbana nas áreas adjacentes.

Figura 52 - Espacialização da temperatura durante o verão na área urbana de São José dos Campos no dia 02/02/06, em evidência a área em estudo (circulo preto).



Fonte: O Autor.

Figura 53 - Espacialização da temperatura durante o inverno da área urbana de São José dos Campos no dia 03/08/05, em evidência a área em estudo (circulo preto).



Fonte: O Autor.

Neste contexto, o edifício apresenta uma vantagem em relação as casas vizinhas que é o vento, pois não existem outros edifícios nas proximidades do local, desta forma, as correntes de ar tendem a fluir mais, já que não encontram obstáculos na altura dos apartamentos, principalmente, da cobertura. Logo, a situação deste elemento climatológico é capaz de auxiliar no controle das condições térmicas das áreas internas da edificação.

Todavia, é preciso considerar o principal elemento climático, a radiação solar. Se não fosse a combinação deste elemento com as características dos materiais urbanos, provavelmente os efeitos colaterais da ilha de calor seriam amenos, contudo, esta é uma situação que não possibilita mudanças rápidas e fáceis, mas requer uma série de medidas durante um longo período. Desta forma, a análise de um elemento capaz de mitigar os efeitos da ilha de calor, torna-se fundamental para preparar as novas estruturas para lidar com as incertezas climáticas decorrentes da expansão urbana, sendo a cobertura verde uma das técnicas escolhidas para restabelecer o equilíbrio entre o homem e a natureza.

6.2.2 Análise técnica da implementação da cobertura verde

Na análise técnica, serão abordados todos os principais elementos de uma cobertura verde (tipo de cobertura, vegetação, substrato, camada drenante, irrigação e manutenção) a fim de indicar os melhores materiais e técnicas que atendam as observações sugeridas.

6.2.2.1 Tipo de cobertura verde

Entre os 3 tipos de cobertura verde existente: extensiva, semi-intensiva e intensiva, a opção pela cobertura verde extensiva é a que melhor atende as atividades praticadas no local, pois permite a circulação dos usuários por toda a área da cobertura sem ultrapassar os limites de carga da laje.

Ainda assim, se analisarmos a estrutura que sustenta a laje da cobertura, será possível identificar áreas com capacidade de sustentar coberturas verdes do tipo semi-intensiva, ampliando a variedade e o porte de plantas que podem ser utilizados desde que não ocorra o trânsito de pessoas nestes locais. Por ser tratar de um espaço amplo, criar ornamentos de jardim diferenciados na cobertura, aumentaria significativamente o efeito estético, mas demandaria áreas importantes para a circulação, fator que pode dividir opiniões de usuários, compradores e vendedores. Desta forma, quando não há definições de proprietários, a opção por modelos simples que exijam baixa manutenção e, mesmo assim, possibilitem o melhoramento do projeto, é a escolha mais segura, como é o caso da cobertura verde extensiva.

Em relação a cobertura verde intensiva, todas as suas características, como porte das plantas, altura de substrato, sistema mais amplo de drenagem, sobrecarga e outros, impossibilitam a sua execução dadas as restrições arquitetônicas e estruturais do edifício. No entanto, caso o usuário esteja interessado em ter plantas de médio porte, ele pode optar por utilizá-las em vasos grandes, o que infelizmente não se compara a uma verdadeira cobertura verde intensiva.

6.2.2.2 Vegetação

Dentre as opções de vegetação, existe uma variedade de plantas que podem ser utilizadas em uma cobertura verde extensiva, no entanto, como se pretende deixar o acesso livre em todo o espaço, onde se possa caminhar sobre a vegetação, a opção foi a grama São Carlos (*Axonopus compressus*) que apresenta um porte inferior a 15cm e é de fácil manutenção, apesar de precisar de regas frequentes e ser frágil a períodos de secas.

Figura 54 - Grama São Carlos (*Axonopus compressus*)



Fonte: ECOTELHADO (2014)

Todavia, por se tratar de uma cobertura verde extensiva, a fragilidade à períodos de seca e regas constantes podem ser solucionados com a utilização de suportes de plástico que armazenam uma quantidade de água acessível as raízes da plantas. Pois ao contrário do que muitos pensam, a qualidade da vegetação não será influenciada apenas ao tipo de substrato, mas a disponibilidade de nutrientes, como água e iluminação solar.

Figura 55- Suporte Hexagonal com e sem grelha.



Fonte: ECOTELHADO (2014)

Figura 56- Suporte Alveolar.



Fonte: ECOTELHADO (2014)

Para este estudo, escolheremos o suporte Hexagonal que se adapta melhor as curvas presentes no perímetro da cobertura, além de garantir reservas de água necessárias para a vegetação escolhida, reduzindo consideravelmente o número de regas, principalmente, no período de seca.

6.2.2.3 Substrato

A melhor opção para o substrato é uma mistura de compostos orgânicos e compostos sintéticos provenientes de indústrias de reciclagem. É um material muito comum, facilmente encontrando em lojas de plantas, além de ser o material mais tradicional utilizado para criação de jardins e hortas, pois garante condições de desenvolvimento para muitas espécies de plantas.

Figura 57- Substrato de compostos orgânicos e sintéticos colocado no suporte Hexagonal



Fonte:ECOTELHADO (2014)

Por termos escolhido uma grama como vegetação, estimasse que uma altura de 3 à 4cm de substrato seja suficiente para o enraizamento. É interessante destacar que os rolos de grama quando transportados, já apresentam um quantia de substrato de aproximadamente 2cm, mas a qualidade de nutrientes presentes é muito baixa. Deste forma, é essencial a utilização de um substrato de boa qualidade, propiciando condições para o desenvolvimento da grama nas suas primeiras semanas de adaptação.

6.2.2.4 Camada drenante

Na camada drenante, um dos materiais mais utilizados é a argila expandida, material leve, fácil de encontrar no mercado e que atende muito bem a função de separar a camada de substrato dos espaços destinadas a drenagem do excesso de água.

Figura 58- Suporte Hexagonal preenchido com argila expandida



Fonte: ECOTELHADO(2014)

A opção pela argila expandida também leva em consideração futuras manutenções ou melhorias na estrutura da cobertura, pois é um material que não se degrada ou esfarela com facilidade, desta forma, pode ser reaproveitado quantas vezes for necessário, apresentando o mínimo de desperdício. Ao contrário de mantas geotêxteis que apresentam um índice maior de perdas e custos decorrentes de cortes necessários durante a manutenção, e que precisam ser substituídos por pedaços novos com tamanhos que sobreponham os dois lados do corte.

Outros materiais como brita e seixo rolado não são boas opções para este estudo, pois o peso desses materiais são superiores ao peso da argila expandida, porém são materiais facilmente encontrados no mercado.

Outro assunto importante da camada drenante são os pontos que coletam e transportam o excesso de água para a área externa do edifício conforme determina as normas para descarte de água e esgoto. Portanto, a água que é absorvida pela cobertura verde e tida em excesso, deve-se ser captada por ralos, posicionados na laje, ligados as prumadas de água pluvial.

No local deste estudo, existe pelo menos dois ralos coletores por cada trecho de cobertura, no entanto, se faz necessário realizar o contra-piso com caimento de 1% para estes locais, caso contrário haverá o acúmulo de água prejudicial a impermeabilização.

6.2.2.5 Impermeabilização

A impermeabilização é uma etapa fundamental para a eficiência da cobertura da verde. Desta forma, na constatação dos serviços executados na cobertura, conforme as Figura 44 à Figura 50, observa-se que a aplicação do impermeabilizante, no caso flexível, foi concluída, autorizando a realização da próxima etapa, execução da proteção mecânica em argamassa para contra-piso.

Para a implementação da cobertura verde, o recomendável é realizar o contra-piso antes da impermeabilização, para regularizar a superfície e executar os caimentos (de no mínimo 1%), garantindo o escoamento do excesso d'água.

A questão do caimento é extremamente importante, pois superfícies planas, como terraços, nomenclatura utilizada no seção 5.6, apresentam uma redução de 70 à 100% do escoamento superficial após 6 horas do início da chuva, demonstrando que a maior parcela do excesso de água pluvial, depois de permear o solo, escorre até os pontos de coleta pela camada drenante, ou seja, se o caimento não for bem executado, haverá a formação de poças d'água contidas pela impermeabilização de infiltrar na estrutura do edifício. No entanto, a repetição, durante um longo período, pode criar pontos de ruptura na impermeabilização e conseqüentemente a infiltração da água pluvial na laje da cobertura.

É interessante mencionar que no modelo mais tradicional no Brasil, onde primeiro realiza-se a impermeabilização e depois o contra-piso, mesmo que exista a formação de poças d'água e percolação no contra-piso, por ser uma área exposta à radiação solar, o processo de evaporação acelera a eliminação da água. Entretanto, na cobertura verde, o processo de aquecimento dos elementos da cobertura é muito mais lento, por conta do albedo da vegetação, e assim que água pluvial chega na camada drenante, dependendo do modelo e aspectos construtivos, as raízes não conseguem eliminar esta água na nutrição, pois perdem o contato, desta forma, o tempo de existência dos acúmulos d'água torna-se maior e, conseqüentemente, o desgaste da impermeabilização tende a ser mais rápido.

Outra observação, é em relação ao tipo de impermeabilização, onde a opção por um modelo flexível é bastante favorável em decorrência da espessura fina comparada a um impermeabilizante rígido, como manta asfáltica. Como existe a preocupação da sobrecarga da laje e de uma cobertura com pouca espessura, a utilização deste componente contribui para a segurança estrutural por ser leve e reduzir a altura do degrau entre a área interna e externa.

Além disso, é indispensável que existam componentes anti-raíz a fim de evitar possíveis desgastes da impermeabilização ocasionados pelo crescimento das raízes, como descritos na seção 4.3.6, evitando mais um fator que possibilite a infiltração de água.

6.2.2.6 Irrigação

Em decorrência das decisões e análises relacionadas a vegetação e ao tipo de cobertura, a implementação de um sistema automático de irrigação é opcional. Desta forma, duas torneiras estrategicamente posicionadas seriam suficientes para realizar regas com o auxílio de uma mangueira de 15 metros quando necessário. No entanto, analisando o projeto hidráulico dos apartamentos, observou-se que na cobertura há apenas 1 torneira, localizada na área gourmet, ainda assim, para as condições estabelecidas para o local, cobertura verde extensiva com apenas uma espécie de vegetação e com suporte para reserva de água, consideramos este único ponto seja suficiente para regas, evitando acréscimos no custo da implementação da cobertura verde ao criar um segundo ponto de água.

Todavia, como mencionado na seção 6.2.1.2, a irrigação da vegetação é fundamental para que as plantas apresentem um bom aspecto. Portanto, recomenda-se que nos primeiros 15 à 45 dias após a conclusão da cobertura verde, em virtude da fragilidade, adaptação e crescimento das plantas, se faz necessário a irrigação com maior intensidade e frequência, fornecendo nutrientes suficientes para que a vegetação atinja um condição estável de vida.

6.2.2.7 Manutenção

A manutenção é estabelecida analisando todas as decisões presentes em todos os elementos da cobertura verde, visto que cada elemento apresenta certa dificuldade seja em uma manutenção rotineira, como regas e podas, ou esporádica, como substituição dos suportes e trocas de vegetação.

Toda vegetação necessita de regas e podas com maior ou menor frequência e por vezes com técnicas específicas. Para a grama São Carlos, apesar da sua sensibilidade a períodos de seca, podemos caracterizar a manutenção como fácil, pois a sua irrigação é simples, por causa

do armazenamento de água, e a sua poda não requer técnicas especiais, apenas um cortador de grama para acelerar o processo.

A camada drenante, argila expandida, é um material que pode ser reaproveitado se houver manutenções rigorosas, além de não apresentar dificuldades para se manipular, como poeira e pontas cortantes, logo também é de fácil manutenção.

O sistema de irrigação também é simples e fácil, composto por uma torneira onde será encaixado uma mangueira para a realização das regas da vegetação quando necessário, procedimento que pode ser repetido inúmeras vezes sem apresentar problemas e considerando que o sistema hidráulico é projetado para atender as necessidade de todo edifício.

Já a camada de impermeabilização é o elemento com maiores riscos, pois se não forem observados a presença de falhas na sua execução, será muito difícil encontrá-lo depois que toda estrutura da cobertura verde estiver pronta, correndo o risco de ter que desfazer um grande trecho para reparar. Portanto, é necessário realizar testes de estanqueidade verificando se não há nenhum ponto de vazamento, antes de se iniciar as próximas etapas da cobertura verde.

Logo, pode-se dizer que a manutenção da cobertura verde para este local de estudo é fácil, desde que se tenha cuidado na execução das camadas, principalmente na impermeabilização.

6.2.3 Viabilidade Econômica

A opção por uma cobertura verde pode ser mais barata, mais cara ou igualmente custosa comparado aos modelos tradicionais de telhado e cobertura, como demonstrado na seção 5.7. No entanto, para classificarmos a cobertura do nosso estudo, é necessário verificar dois critérios: custo de material e investimento.

O investimento é uma questão primordial para qualquer construção, devendo ser muito bem estudada e aplicada em todos os seus elementos. Todavia, sob este aspecto, a implementação da coberturas verde se dividem em 3 categorias: construções novas, reforma e implementação de projeto.

Na categoria das construções novas, imagina-se que os projetos da edificação estão em fase de elaboração, desta forma, só existe o orçamento dos futuros gastos de cada opção construtiva. Portanto, nesta categoria, as chances da cobertura verde ser escolhida são maiores, pois os custos com o material e mão de obra equiparam com os modelos tradicionais, sugerindo que será executado o modelo que apresente benefícios e o menor custo.

Por outro lado, nos casos de reforma, a tendência pela substituição dos telhados tradicionais pela cobertura verde são muito baixas, visto que no Brasil, a maioria dos telhados são compostos por telha cerâmica, no qual é costume substituir apenas o madeiramento e as telhas quebradas. Neste caso, dentro dos custos da implementação da cobertura verde, entrariam as adaptações necessárias e a quantidade de resíduos do telhado anterior que precisariam ser descartados, o que pode ser um serviço muito caro em algumas cidades. Logo, nos casos de reforma, se não for interesse do usuário realizar essas mudanças em prol dos benefícios, é praticamente inviável a substituição do telhado tradicional pela cobertura verde.

Já em implementações de projeto encontram-se as coberturas de concreto sem telhado, usualmente, identificadas em pequenos edifícios. Esta categoria é muito similar às construções novas, no entanto a sua principal diferença é que para a implementação da cobertura verde são necessárias algumas adaptações como pontos de água, realização de caimentos e reconfiguração do para-raio, o que em alguns casos apresentam custos similares aos modelos tradicionais de cobertura. Contudo, o que pode favorecer a escolha pela cobertura verde é a sua variedade de benefícios que vão desde o isolamento térmico até a criação de uma ampla área de lazer. Desta forma, fica a critério dos moradores e usuários decidirem realizar o investimento ou não.

Verificando estas três categorias, podemos afirmar que o estudo de caso apresenta pontos positivos do grupo das novas construções, visto que a obra ainda está em andamento e não foram realizados muitos serviços de acabamento, e critérios da categoria de implementações de projeto, já que é uma área apta a sofrer esta alteração e a atual estrutura não requer grandes adaptações. Portanto, para a cobertura deste estudo, fica à critério dos usuários realizar ou não este investimento, sendo que para obter os benefícios provenientes da cobertura verde, será necessário realizar mais gastos com material e mão de obra.

Sabendo das observações de investimento, é preciso avaliar quais são os custos com material e mão de obra gerados pela configuração de cobertura verde definida na análise

técnica. Neste trabalho de graduação não será utilizado nenhum orçamento de empresas especializadas em coberturas verdes ou jardins, o levantamento dos preços será realizado por pesquisa, estabelecendo médias de preços para os seguintes materiais: grama São Carlos, argila expandida, substrato composto de material orgânico e suporte hexagonal.

- **Vegatação:** a grama São Carlos é um material comum comercialmente, para este item estimou-se um valor de R\$10,00/m².
- **Substrato:** existe uma infinidade de marcas e qualidades de substratos de compostos orgânicos, no entanto bons substratos custam em média R\$10,00/m².
- **Camada drenante:** a argila expandida é um material facilmente encontrado e comprado em grandes quantidades apresenta custo médio de 15,00/m².
- **Suporte:** um conjunto de 7 suportes hexagonais compõem 1 m², na empresa Ecotelhado 1 kit de suportes custa em média R\$200,00 reais. No entanto, estimasse que estes suportes possam ser encontrados com preços mais acessíveis, com custo estimado de R\$30,00/m².
- **Mão de obra:** por não existir muitas empresas especializadas, estimasse que a mão de obra custe R\$30,00/m².

Com bases nos preços pesquisados, encontrou-se um custo total estimado de R\$95,00/m², mas estimando acréscimo de 15% para o frete dos materiais, o custo total passa para R\$110,00/m². Este preço, encontra-se dentro do valor estipulado por empresas especializadas, que sugerem algo entorno de 100 à 150 reais por metro quadrado de cobertura verde. No entanto, a compra de materiais avulso do serviço de execução, normalmente, exclui da responsabilidade da mão de obra, possíveis perdas de material durante a montagem, logo o custo total tende a subir um pouco mais, sugerindo que o mais adequado seja fechar um pacote completo de material e mão de obra com uma empresa especializada.

Contudo, para verificarmos a viabilidade do investimento é necessário analisarmos os resultados de custo da cobertura verde com o gasto para o assentamento do piso cerâmico. Desta forma, para a execução deste serviço foi considerado a mão de obra, o piso cerâmico e a argamassa para assentamento, no qual o custo médio foi de R\$60,00/m². Portanto, a implementação da cobertura verde é de duas à três vezes mais cara em comparação com o piso cerâmico. Em termos de valores totais a implementação da cobertura verde na área externa de cada apartamento representa um investimento estimado de R\$7.150,00 reais enquanto o piso cerâmico apresenta um custo total de R\$3.900,00 reais por apartamento.

Todavia, apesar de ser um preço relativamente alto, os benefícios da cobertura verde, como isolamento térmico, área de lazer verde, redução dos ruídos sonoros, agregaram significativamente pontos positivos para a qualidade de vida dos usuários, sugerindo que o investimento é válido se o preço ficar em torno de R\$120,00/m², o dobro do gasto necessário para o assentamento do piso cerâmico. Qualquer outro preço acima disso, como seria o caso de considerarmos o preço original dos suportes (R\$200,00 reais), indicam o quão inviável é a construção de uma cobertura verde, independente da categoria de investimento, sugerindo aos interessados que procurem por empresas especializadas, pois só assim terão um produto de qualidade com um preço mais acessível.

6.2.4 Análise estrutural

Para a avaliação estrutural, iremos realizar um procedimento relativamente simples de cálculo a fim de mensurar a possibilidade da implementação da cobertura verde.

Primeiramente, deve-se calcular a carga resultante da cobertura verde, que consiste na somatória da carga de todos os seus elementos (vegetação, substrato, camada drenante, suporte e impermeabilização). No entanto, como não existem especificações de carga para alguns materiais, como a grama São Carlos, usaremos as informações de um sistema hexagonal similar realizado por uma empresa especializada. Desta forma, a carga estimada para a cobertura verde projetada neste estudo é de 50 Kg/m², mas por questões de segurança, aumentaremos em 20% a carga, simulando o solo saturado e o armazenamento de água nos suportes, totalizando 60 Kg/m² que equivale a 0,6 KN/m².

É importante destacar, que para as construções em fase de projeto, deve-se adotar a carga da cobertura verde em conjunto com outras cargas permanentes. Porém, para as edificações já existentes, a carga da cobertura verde deve ser analisada como carga acidental, apesar de apresentar comportamento permanente.

Portanto, como não foi previsto a carga da cobertura verde para o local do nosso estudo, iremos realizar a verificação através da carga acidental da laje. De acordo com a NBR 6120 para o cálculo de lajes de edifícios residenciais, deve-se adotar o valor da carga acidental de acordo com a caracterização de utilização do local, conforme o Quadro 11.

Quadro 11 - Carga accidental para lajes de edifícios residenciais

Carga Acidental	Local
1,5 KN/m ²	Dormitório, sala, copa, cozinha e banheiro
2,0 KN/m ²	Dispensa, área de serviço e lavanderia

Fonte: NBR 6120

Para esta cobertura, é muito provável que o engenheiro calculista tenha adotado 1,5 KN/m², imaginado que não existiram móveis armazenando grandes cargas na área externa da cobertura, apesar da possibilidade da concentração de pessoas em um único local. E por uma questão de análise, é conveniente adotarmos o menor valor, pois fica evidente o impacto que a implementação da cobertura verde gera sobre a laje.

Reunindo os dados da cobertura verde, 0,6KN/m² e comparando a carga accidental da cobertura 1,5 KN/m², observaremos que a cobertura verde compromete 40% da carga accidental da laje. No entanto, é necessário verificar a carga proveniente da a circulação de pessoas, no qual estima-se que uma pessoa tenha 80 Kg e a que distribuição seja de uma pessoa por metro quadrado, gerando uma carga de 0,8 KN/m², onde a soma da carga da cobertura verde mais a circulação de pessoas totaliza 1,4 KN/m² que representa 93% da carga accidental.

Para efeitos da análise estrutural, se uma situação comprometer 93% da carga accidental, desconsiderando os fatores de seguranças que os cálculos utilizam, é um indicativo preocupante que sugere a realização de uma verificação completa através dos cálculos de resistência da laje. Portanto, para esta cobertura, por questões de segurança estrutural, não é recomendável a implementação da cobertura verde sem a aprovação de um engenheiro, ainda mais, considerando que a carga da cobertura foi estimada por comparação e além da possibilidade de ser superior, a cobertura verde atua como uma carga permanente, reduzindo o limite disponibilizado para as cargas accidentais.

7 CONCLUSÃO

Sob o contexto geral que envolve a urbanização e o comportamento dos elementos climatológicos, a cobertura verde apresentou resultados significativos que possivelmente farão parte da renovação da qualidade de vida das cidades. Contudo, a cobertura verde demonstrou-se um produto relativamente caro e, conseqüentemente, pouco acessível a maior parcela da população.

Para a cobertura verde, vencer um mercado dominado pelas matérias-primas da estrutura urbana é um grande desafio, visto que a demanda desses produtos são bem altas, o que garante preços mais acessíveis aos comprados finais. Logo, é sensato dizer que a mitigação dos efeitos da ilha de calor, pela disseminação em massa da cobertura verde pela malha urbana, é um cenário quase impossível.

Por outro lado, esta situação não compromete a importância dos benefícios presentes na cobertura verde, como efeito estético, isolante térmico, espaço verde, redução de ruídos sonoros, etc. Pois mesmo que pouco utilizada, ainda assim, é uma maneira positiva de incentivar e divulgar as vantagens presentes na cobertura verde que provém da arquitetura bioclimática.

Para o município de São José dos Campos, a divulgação deste conhecimento para os seus habitantes demonstrou-se essencial, visto que mesmo no período de inverno onde as condições climáticas, como a radiação solar, são menos rigorosas, foi possível constatar a existência da ilha de calor em algumas áreas. Além disso, ficou claro como os materiais comuns a área urbana, como concreto e asfalto, são elementos cruciais para a intensificação da ilha de calor, tanto que no verão é possível identificar toda a área urbana através das imagens de espacialização térmica da cidade.

Atrelado ao contexto do município, é coerente dizer que o incentivo a industrialização aliado aos programas habitacionais contribuíram significativamente para rápido crescimento populacional e que as medidas de organização urbana, apesar de existentes, não foram suficientes para gerenciar a expansão urbana que ocorreu a partir de 1930. Por isso, é necessário entender que parte dos conflitos urbanos no qual convivem muitas cidades, decorre da falta do interesse governamental em cumprir as suas diretrizes, pecando principalmente no aspecto de fiscalização.

Toda esta perspectiva nos leva a crer que as cidades brasileiras ainda são muito imaturas para lidar com as mudanças climáticas, apesar do enorme intuito de pesquisadores em desmistificar esses conceitos dentro da cultura e estilo de vida nacional. Um exemplo claro são as cidades estrangeiras, como Chicago, que incentivam a execução de técnicas sustentáveis, como a cobertura verde, através de auxílios governamentais, ajudando a baratear o custo de instalação, o que infelizmente é uma realidade muito distante para o Brasil.

No entanto, antes de realização de incentivos fiscais, a realidade brasileira precisa ampliar o número de profissionais habilitados para trabalhar com técnicas ecológicas, pois percebe-se que as instituições especializadas no ramo da cobertura verde, negligenciam o impacto estrutural que a carga da cobertura pode causar na laje, e por se tratar de uma questão de segurança pública, faz-se necessário a elaboração de normas que descriminem os procedimento, materiais e técnicas, resguardando o usuário de possíveis falhas de execução.

No geral, pode-se afirmar que o custo da implementação da cobertura verde comparado aos modelos tradicionais de cobertura varia de acordo com o projeto, onde o estudo de caso ajudou a demonstrar que, normalmente, os menores custos encontram-se em construções em fase de projeto, pois as adaptações arquitetônicas e estruturais, antes da execução, direcionam o investimento diretamente para a aplicação da cobertura verde, diferente dos casos de reforma ou implementação de projeto que incluem custos das adaptações estruturais e descarte de entulho.

Portanto, é possível afirmar que diante do cenário atual de mercado e conscientização da sociedade, é mais fácil a aplicação da cobertura verde em novos projetos, priorizando as condições de conforto dos usuários, do que o interesse da população em substituir ou aprimorar a sua cobertura para atuar como mecanismo redutor dos efeitos da ilha de calor, pois os benefícios da cobertura verde ainda estão longe de serem economicamente acessíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. 1 ed. São Paulo:Blucher, 2001. v. 5. 141 p.

ANDRADE, L. L.; SOUZA, L. H.; SAKURAGI, J. **Análise comparativa do fenômeno ilha urbana de calor no verão e inverno por meio de dados termais do satélite landsat 5 em São José dos Campos - Sp**. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/inic/inic/05/INIC0000682ok.pdf. Acesso em: 09 de setembro de 2014.

ANDRADE, L. L.; SOUZA, L. H.; SAKURAGI, J.; CASTRO, R. M. Estudos de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, p. 473-480.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

BEATRICE, C. C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BEYER, P. O. **Medição do Desempenho Térmico de Ecotelhas**. Rio Grande do Sul: UFRGS-RS, 2006. p. 1-4. Relatório técnico.

BUSTOS ROMERO, M. A. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. 226 p.

CARTUZZO, H. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O Caso da Cidade de São Paulo**. 2013. 206 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CASTRO, A. S.; **Uso de Pavimento Permeáveis e Coberturas Verdes no Controle Quali-Quantitativo do Escoamento Superficial Urbano**. 2011. 142 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CORDONI, A. S. **Telhados Verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. 2012. 125 f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2012.

COSTA, P. E. O. **Legislação urbanística e crescimento urbano em São José dos Campos**. 2007. 257 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CRISTINA, M. A. S. H. **Cobertura Verde**. 2008. 50 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola Técnica de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

ECOTELHADO. Disponível em: <www.ecotelhado.com.br>. Acessado em: 26 de novembro de 2014.

FERRAZ, I. L.; LEITE, B. C. C. **Amendoim no telhado: O comportamento da grama-amendoim (*Arachis repens*) na cobertura verde extensiva**. In: VI ENCONTRO E IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, Vitória/ES, 2011, p.1-8.

HENRIQUE, M. C. B. A História da Construção Civil em São José dos Campos. In: CONGRESSO DA CONSTRUÇÃO PAULISTA, 2, 1989, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo - SIDUSCON-SP, 1989.

Hertz, J. **Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. 1 ed. São Paulo: Pioneira, 1998. 125 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 13 de dezembro de 2014.

INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION - IGRA. Disponível em: <<http://www.igra-world.com>>. Acessado em: 5 de novembro de 2014.

KEELER, M.; BURKER, B. **Fundamentos de Projetos de Edificações Sustentáveis**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

LOPES. **O sobreaquecimento das cidades causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de lisboa.** Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T15_artg/T15art05.pdf>. Acesso em: 09 de setembro de 2014.

NASCIMENTO, W. C. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba - Barreiras e potencialidades.** 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

OLIVEIRA, D. O.; ALVALÁ, R. C. S. **Observational evidence of urban heat island of Manaus City, Brasil.** Meteorological Applications. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>>. Acessado em: 18 de dezembro de 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - PMSJC. Disponível em: <www.sjc.gov.br>. Acessado em: 13 de dezembro de 2014.

VIEIRA, L. G. Teto Verde: uma proposta para ecológica e de melhoria do conforto ambiental a partir do uso de coberturas vegetais nas edificações. In: Seminário de Iniciação Científica, 16, 2008, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2008. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2008/relatorios/ctch/art/art_lauravg.pdf> Acessado em: 2 de outubro de 2014.

ZINCO: Green Roof Technology. Disponível em: <www.zinco-greenroof.com>. Acessado em: 7 de novembro de 2014.