

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS II**

ADRIANE CORDONI SAVI

**TELHADOS VERDES: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO COM
SISTEMAS TRADICIONAIS DE COBERTURA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2012

ADRIANE CORDONI SAVI

**TELHADOS VERDES: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO COM
SISTEMAS TRADICIONAIS DE COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construções Sustentáveis, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares

CURITIBA

2012

ADRIANE CORDONI SAVI

**TELHADOS VERDES: ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO COM
SISTEMAS TRADICIONAIS DE COBERTURA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de *Especialista* no Curso de Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador(a):

Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares.
Professor do II CECONS, UTFPR

Banca:

Prof. Dr. André Nagalli.
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Prof. Dr. Eloy Fassi Casagrande Junior.
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Profa. Msc. Vania Deekee.
Professora do II CECONS, UTFPR

Curitiba
2012

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

AGRADECIMENTOS

À Deus, sempre e em primeiro lugar.

Ao meu orientador Prof. Dr. Sergio Tavares, pela valiosa colaboração na elaboração desse trabalho e pelas longas conversas que muito contribuíram.

Ao Arquiteto Ormy Hütner Júnior, pelo auxílio no desenvolvimento dessa pesquisa e da técnica construtiva elaborada, e pela paciência e auxílio em todos os momentos.

A todos os professores que compuseram o corpo docente da segunda turma do Curso de Pós-Graduação em Construções Sustentáveis.

A todos os colegas de turma, pelas longas discussões e grande aprendizado juntos.

A Andressa Cordoni Savi e Raphael Travensoli, pelo auxílio e revisão do trabalho.

E aos meus Pais Francisco Savi e Marcia Regina Cordoni Savi, pela paciência, apoio e incentivo nas horas mais difíceis.

Nossa solidão cósmica não deveria incitar o desespero.
Pelo contrario, deveria incitar o desejo de agirmos,
e o quanto antes, para proteger o que temos.
A vida na Terra continuará sem nós.
Mas nós não podemos continuar sem a Terra.
Ao menos não até encontrarmos uma outra casa celeste,
o que tomará muito tempo.
Basta olhar em torno, para a situação delicada
em que se encontra o nosso planeta,
para constatar que tempo é um luxo que não temos

MARCELO GLEISER

RESUMO

CORDONI SAVI, Adriane. **Telhados Verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura.** 2012. 125 Folhas. Monografia (Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.

Com a crescente ocupação urbana, e a redução de áreas vegetadas nas cidades, faz-se necessário a inserção de novas tecnologias que amenizem os impactos ambientais causados pela construção e manutenção das edificações. O uso de telhados verdes nos centros urbanos pode ser um grande aliado no combate ao efeito estufa, às ilhas de calor e aumento na qualidade do ar e da água. Os telhados verdes vêm sendo aplicados ao longo da história, mas foi a partir da década de 70 que ele passa a ser visto como um aliado para as construções sustentáveis, em países Europeus, como a Alemanha, essa tecnologia vem se tornando cada dia mais popular e com preço e concorrência competitivos com os sistemas tradicionais de cobertura. No Brasil faz-se necessário estimular o uso dessa tecnologia, para que a mesma se torne usual. Tendo em vista esse cenário, essa pesquisa busca apresentar uma técnica construtiva de telhado verde extensivo, que possua menor impacto ambiental, através do uso de materiais renováveis, e substituição da laje de concreto armado. E comparar esse sistema construtivo de telhado verde com sistemas de cobertura tradicionalmente aplicado no Brasil, com a intenção de verificar a viabilidade econômica das coberturas verdes no Brasil. Para a comparação dos sistemas, foram detalhados sete tipos de coberturas: três correspondendo a sistemas usuais de cobertura, e quatro sistemas diferentes de telhado verde. Para correta comparação do custo e peso dos telhados, foi elaborado a composição de custos de cada um deles sobre uma mesma residência, chegando assim no custo equiparado por metro quadrado de cada um dos sistemas. Com essa análise pode-se perceber que é possível ter sistemas de telhado verde com custo e peso inferior aos sistemas tradicionais de cobertura. O telhado verde com estrutura de madeira, chapa compensada e telhado verde moldado *in loco* apresentou o melhor custo entre todos os sistemas analisados, obtendo custo de 37% menor que o sistema de laje de concreto armado coberto com telha cerâmica, e peso três vezes menor. Conclui-se que a aplicação de telhados verdes, além de todos os benefícios ambientais e de conforto para edificação, possui custo e peso inferior aos sistemas mais aplicados nas edificações no Brasil. Essa redução de custo pode ser ainda menor se considerado a análise do ciclo de vida e vida útil da cobertura.

Palavras-chave: Telhado verde. Cobertura verde. Sustentabilidade. Arquitetura.

ABSTRACT

CORDONI SAVI, Adriane. **Green roofs: comparative cost analysis with regular roofs**. 2012. 125 pages. Monograph (Sustainable Constructions) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.

Along with the growth of urban occupation and the green areas reduction around the cities comes the need to develop new technologies to reduce the environmental impacts caused by buildings construction and maintenance. The use of green roofs can be an allied of mega regions fighting greenhouse effect, urban heat islands and helping to improve air and water quality. The green roofs have been round for a long time in history, but in the 70's its sustainable side really begun to be explored in European countries like Germany. This technology nowadays is becoming more popular with competitive pricing and competition with traditional roof systems. In Brazil it is necessary to stimulate the use of this technology, to become more usual. Considering this scenario, this study presents an extended green roof constructive technique with low environmental impact through the use of renewable materials, replacing the concrete slab. This study compares this green roof technique to others roof systems traditionally applied in Brazil analyzing the economic viability of green roofs in Brazil. To compare the systems, seven roof constructive systems were detailed: three systems corresponding to the usual roof systems, and four different green roof systems. For a correct comparison of cost and weight of the roofing systems, the costs composition of each roof system was elaborated, obtaining equivalent cost per square meter of each of the systems. After this analysis it can be stated that it is possible to have a green roof system with lower cost and weight to traditional roofs. The green roof with wood structure, plywood and green roof shaped molded in loco presented the lowest cost among all the systems analyzed, obtaining a cost 37% lower than the slab of concrete system covered with ceramic tile, and a final weight three times smaller. It was concluded that the application of green roofs, besides all the environmental benefits and building comfort, has a lower cost and weight compared to the most used roof systems in Brazilian buildings. The reduction of cost may be even lower if considered the analysis of the life cycle and useful life of the roof.

Keywords: Green roof. Sustainability. Architecture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Abrigo primitivo de Pedra e Palha.....	21
Figura 2 Oca - Residência indígena.....	21
Figura 3 Telhado verde com inclinação de 45º - Siegen Oberscheiden (Alemanha)	25
Figura 4 Telhado Plano - Albergue em Stuttgart Hohenheim (Alemanha)	26
Figura 5 Casa Hehe – Tansânia.....	26
Figura 6 Casas tradicionais cobertas com grama	27
Figura 7 Representação dos jardins suspensos da Babilônia, como imaginados pelo artista Martin Heemskerck.....	27
Figura 8 Rudolph Aronson's Casino Theater.....	28
Figura 9 Ministério da Educação e Cultura - Rio de Janeiro	29
Figura 10 Ministério da Educação e Cultura - Rio de Janeiro	29
Figura 11. Ciclo Aquecimento global.....	31
Figura 12. Camadas Telhado verde Intensivo.....	33
Figura 13 Exemplo de telhado verde de uso intensivo - Houston, USA.....	33
Figura 14 Exemplo de telhado verde de uso intensivo – Beloit, USA.....	33
Figura 15. Camadas telhado verde Extensivo.....	34
Figura 16 Exemplo de cobertura de uso Extensivo - Chicago – USA	34
Figura 17 Exemplo de cobertura de uso Extensivo - Chicago USA	34
Figura 18. Modelo Telhado verde semi-intensivo.....	35
Figura 19 Exemplo de cobertura de uso Semi-Intensivo - Indianápolis – USA	35
Figura 20. Exemplo de cobertura de uso Semi-Intensivo - Boston – USA	35
Figura 21. Cape Province, África do Sul, alagada em decorrência de grandes chuvas e da impermeabilização do solo.....	42
Figura 22. Telhado verde	45
Figura 23. Borboletas sobre vegetações rasteiras	46
Figura 24. Pássaro sobre vegetação rasteira.....	46
Figura 25. Comparação de custos entre telhados verdes na Alemanha e EUA.....	49
Figura 26. Composição telhado verde.....	51
Figura 27 Módulo telhado verde e corte do sistema, mostrando a drenagem do mesmo.	52
Figura 28 Telhado verde com sistema de módulos de drenagem recém-plantado...	53
Figura 29 Telhado verde com sistema de módulos de drenagem, com a cobertura vegetada já desenvolvida.	53
Figura 30 Diferentes tipos de Substrato	54
Figura 31. Residência contruída com a técnica de "Sodhouse".....	56
Figura 32. Sistema de telhado verde utilizado em Sodhouse.	56
Figura 33. Telhado verde com camada de isolamento térmico.	57
Figura 34. Estrutura de madeira e bambu.....	58
Figura 35. Impermeabilização com lona plástica.....	58

Figura 36. Sistema de drenagem	58
Figura 37. Telhado verde acabado.....	58
Figura 38. Exemplo de residência com telhado verde em duas águas	59
Figura 39. Exemplo de telhado verde indicado para clima tropical. Sistema composto com janelas em ventilação cruzada.	59
Figura 40. Sistemas auxiliares para telhados inclinados.....	59
Figura 41. Protótipo de telhado verde instalado pelo Instituto Tibá.....	60
Figura 42. Telhado verde utilizando a técnica de uso de bambu.	60
Figura 43. Sistema de drenagem, telhado verde.....	60
Figura 44. Montagem do Telhado verde	60
Figura 45 Camadas telhado verde sistema modular com Galocha.....	61
Figura 46 Detalhe Construtivo Sistema Galocha.....	61
Figura 47 Aplicação da Membrana Alveolar	62
Figura 48 Membrana Alveolar aplicada.....	62
Figura 49 Aplicação da Manta de retenção de Nutrientes.....	62
Figura 50 Vista do Telhado verde sistema modular pronto.	62
Figura 51 Energia construção/ Energia incorporada	63
Figura 52 Emissões construção/ Gases efeito estufa incorporados.....	64
Figura 53 Viga em madeira maciça.	65
Figura 54. Chapa OSB Estrutural.....	65
Figura 55. Chapa Compensado estrutural	65
Figura 56. Impermeabilização	66
Figura 57. Impermeabilização	66
Figura 58. Contrapiso	66
Figura 59. Contrapiso	66
Figura 60. Sistemas de módulos para telhado verde.	68
Figura 61. Sistema de retenção de água.	68
Figura 62. Módulo de telhado verde.....	68
Figura 63. Instalação de lona antirraízes	69
Figura 64. Lona antirraízes instalada	69
Figura 65. Instalação dos módulos para telhado verde.....	70
Figura 66. Instalação dos módulos para telhado verde.....	70
Figura 67 Corte do Módulo hexa para aplicação nos cantos.	70
Figura 68. Detalhe dos módulos cortados e instalados.....	71
Figura 69. Detalhe dos módulos cortados e instalados.....	71
Figura 70. Instalação de manta de retenção de nutrientes.	72
Figura 71. Instalação manta de retenção de nutrientes.	72
Figura 72. Colocação do Substrato sobre manta de retenção de nutrientes.....	72
Figura 73. Colocação do Substrato sobre manda de retenção de nutrientes.....	72
Figura 74. Colocação de vegetação sobre substrato	73
Figura 75. Colocação de casca de árvore para proteção do substrato.	73
Figura 76 Cacto Margarida (<i>Lampranthus productus</i>).....	74

Figura 77 Cacto Margarida aplicação telhado verde	74
Figura 78 Alegria dos Jardins (<i>Salvia splendens</i>)	74
Figura 79 Alegria dos Jardins aplicação telhado verde	74
Figura 80 Hera Variegata (<i>Hedera helix "variegata"</i>)	75
Figura 81 Hera Variegata aplicação telhado verde	75
Figura 82. Vista telhado verde com 45 dias	76
Figura 83. Vista telhado verde com 45 dias	76
Figura 84. Laje de concreto pré-moldado com lajota cerâmica.....	84
Figura 85 Laje de concreto pré moldada - capa de concreto de 4cm.....	84
Figura 86 Estrutura do telhado em madeira	84
Figura 87 Cobertura em telha cerâmica tipo romana.	85
Figura 88. Laje de concreto pré-moldado com lajota cerâmica.	86
Figura 89. Laje em concreto pré moldado - capa de concreto 4 cm.....	87
Figura 90. Impermeabilização com Manta asfáltica.	87
Figura 91. Sombreamento da laje com argila expandida	87
Figura 92. Estrutura de madeira para telha cerâmica	89
Figura 93. Forro e beirais em madeira	89
Figura 94. Cobertura em telha cerâmica tipo romana.	89
Figura 95. Vigas em madeira	91
Figura 96. Chapas de compensado e acabamento em placa cimentícia	91
Figura 97. Impermeabilização com manta asfáltica	91
Figura 98. Telhado verde sistema hexa -Aplicação de lona 200 micras	92
Figura 99. Telhado verde sistema hexa -Disposição dos módulos plásticos de retenção de água	92
Figura 100 Telhado verde sistema hexa - Aplicação de manta de retenção de nutrientes.....	93
Figura 101. Telhado verde sistema hexa -Substrato.....	93
Figura 102. Telhado verde Sistema hexa vegetado	93
Figura 103. Módulo telhado verde - instituto cidade jardim	95
Figura 104. Módulo telhado verde manta de separação água e substrato - Instituto cidade jardim.....	95
Figura 105. Telhado verde sistema modular - Aplicação manta geotêxtil	95
Figura 106. Telhado verde sistema modular - Disposição dos módulos plásticos de retenção de água	95
Figura 107 Telhado verde sistema modular – Camada de substrato	96
Figura 108. Telhado verde sistema modular vegetado	96
Figura 109. Telhado verde vernacular Aplicação de manta geotêxtil	97
Figura 110. Telhado verde vernacular – Aplicação de camada de argila expandida	97
Figura 111 Telhado verde vernacular Aplicação de manta geotêxtil sobre argila	97
Figura 112. Telhado verde vernacular - Substrato	97
Figura 113. Telhado verde vernacular vegetado	98
Figura 114. Laje de concreto pré-moldado com lajota cerâmica.....	99

Figura 115. Laje em concreto pré moldado - capa de concreto 4 cm.....	99
Figura 116. Impermeabilização com Manta asfáltica.	99
Figura 117. Telhado verde vernacular Aplicação de manta geotêxtil	100
Figura 118. Telhado verde vernacular – Aplicação de camada de argila expandida	100
Figura 119 Telhado verde vernacular Aplicação de manta geotêxtil sobre argila ...	100
Figura 120. Telhado verde vernacular - Substrato	100
Figura 121. Telhado verde vernacular vegetado	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise comparativa entre três sistemas distintos de cobertura (laje impermeabilizada, telha cerâmica, telhado verde) e simulação através de software.	43
<i>Tabela 2. Comparação de investimentos privados, custoXbenefícios por ano (em euro por m²).....</i>	<i>48</i>
Tabela 3. Comparação de investimentos privados, custoXbenefícios por ano (em euro por m ²).....	48
Tabela 4. Modelo tabela de custo	79
Tabela 5 Modelo de tabela de peso	79
Tabela 6. Modelo de Tabela de Análise de dados	80
Tabela 7. Modelo de tabela de análise de pesos	81
Tabela 8 Custo Laje pré-moldada com telha cerâmica	85
Tabela 9 Peso Laje pré-moldada com telha cerâmica	85
Tabela 10. Custo Laje pré-moldada sombreada com argila expandida	88
Tabela 11 Peso Laje pré-moldada sombreada com argila expandida.....	88
Tabela 12. Custo com estrutura em madeira, telha cerâmica e forro em madeira	90
Tabela 13 Peso telhado cerâmico	90
Tabela 14 Custo telhado verde - sistema hexa	94
Tabela 15 Peso telhado verde - sistema hexa	94
Tabela 16 CustoTelhado verde - Sistema modular	96
Tabela 17 Peso Telhado verde - Sistema modular	96
Tabela 18 Custo Telhado verde - Sistema vernacular	98
Tabela 19 Peso Telhado verde - Sistema vernacular.....	98
Tabela 20 Telhado verde - Sistema vernacular com laje	101
Tabela 21 Peso Telhado verde - Sistema vernacular com laje	101
Tabela 22. Análise de Custo	104
Tabela 23. Peso sistemas de cobertura	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Temperaturas medidas ao longo do tempo em diferentes superfícies de coberturas planas em um dia ensolarado de verão.....	38
Gráfico 2. Comparativo contendo os valores da temperatura interna do ar (altura 1 metro do piso); temperatura superficial do forro e temperatura externa do ar nas horas do dia.....	39
Gráfico 3 Comparativo das temperaturas superficiais internas de cinco protótipos: 1.) aço galvanizado; 2.) fibrocimento ondulada; 3.) laje pré-moldada cerâmica inclinada (sem telhas) e com impermeabilização, de cor branca, com resina de óleo vegetal (Ricinus communis); 4.)cobertura verde leve e, finalmente; 5.) telha cerâmica.	40
Gráfico 4. Diferenças entre a temperatura das superfícies (preto) e temperaturas do ar (azul).	41
Gráfico 5. Modelo de Gráfico de Análise de dados	80
Gráfico 6. Modelo de Gráfico de Análise de dados	81
Gráfico 7 Modelo de gráfico comparativo custo e peso por sistema	82
Gráfico 8. Análise de custo das coberturas	103
Gráfico 9. Análise de carga dos sistemas de cobertura	106
Gráfico 10. Gráfico comparativo entre custo e peso por m ²	108

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 PREMISSAS.....	15
1.4 JUSTIFICATIVAS	16
1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 ORIGEM DOS TELHADOS	20
2.2 SUSTENTABILIDADE.....	22
2.3 CONSTRUÇÃO CIVIL.....	23
2.4 TELhado VERDE: ORIGEM E TIPOLOGIAS	24
2.4.1 Telhados verdes Intensivo e Extensivo.....	32
2.5 TELhado VERDE: BENEFÍCIOS	36
2.5.1 Redução das Ilhas de Calor	36
2.5.2 Redução da variação de temperatura durante o dia e a noite.....	37
2.5.3 Isolamento térmico e conservação de energia.....	38
2.5.4 Protegem as edificações dos raios solares.....	40
2.5.5 Sistemas de Drenagem mais Eficazes.....	41
2.5.6 Aumento da qualidade da água filtrada.....	43
2.5.7 Produção de Oxigênio, Absorção de CO ₂ e filtragem do ar.....	44
2.5.8 Melhor desempenho acústico da edificação.....	44
2.5.9 Auxiliam passivamente na qualidade de vida e na saúde humana.....	44
2.5.10 Configuram novos ecossistemas.....	46
2.6 CUSTO E VIDA ÚTIL DOS TELHADOS VERDES	46
2.7 COMPOSIÇÃO E TÉCNICAS DE TELhado VERDE.....	50
2.7.1.1 Estrutura	51
2.7.1.2 Impermeabilização.....	51
2.7.1.3 Camada de Drenagem.....	52
2.7.1.4 Membrana antirraízes.....	53
2.7.1.5 Substrato.....	54
2.7.1.6 Vegetação.....	55
2.7.2 Técnicas de telhado verde	55
2.8 TECNOLOGIA DE TELhado VERDE APLICADA.....	62
2.8.1 Descrição do Sistema	64
2.8.2 Estrutura.....	64
2.8.3 Composição Telhado Verde.....	67

3 METODOLOGIA DE PESQUISA	77
3.1 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	78
3.1.1 Detalhamento das Técnicas construtivas	78
3.1.2 Análise comparativa	78
3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS.....	80
4 RESULTADO DA ANALISE DOS SISTEMAS DE COBERTURA.....	83
4.1 LAJE COM COBERTURA EM TELHA CERÂMICA	83
4.2 LAJE PRÉ-MOLDADA COM SOMBREAMENTO	86
4.3 TELHADO COM ESTRUTURA EM MADEIRA, TELHA CERÂMICA E FORRO EM MADEIRA.....	88
4.4 ESTRUTURA TELHADO VERDE.....	90
4.4.1 Telhado verde - Sistema Hexa Ecotelhado	92
4.4.2 Telhado verde - Sistema modular Instituto Jardim.	94
4.4.3 Telhado verde - Sistema Vernacular	97
4.5 TELHADO VERDE VERNACULAR SOBRE LAJE PRÉ-MOLDADA	98
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	102
5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS	102
5.2 ANÁLISE COMPARATIVA DE CARGAS.....	105
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO E PESO	108
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	110
REFERÊNCIAS.....	113
REFERÊNCIAS FIGURAS.....	117
APÊNDICE A - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 01	119
APÊNDICE B - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 02	120
APÊNDICE C - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 03	121
APÊNDICE D - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 04	122
APÊNDICE E - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 05	123
APÊNDICE F - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 06.....	124
APÊNDICE G - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E PESO SISTEMA 07	125

1 INTRODUÇÃO

A população urbana mundial cresce cerca de 60 milhões de pessoas a cada ano, e as zonas urbanas tem crescido com maior intensidade nos países de classe média e baixa.

As cidades estão cada vez mais inchadas, e as áreas verdes das cidades vão sendo comprimidas pela “necessidade” de urbanização das mesmas. Os sistemas naturais que agem como equilíbrio do espaço urbano estão dando espaço a ocupação desorganizada.

“Desde os primórdios da humanidade o homem buscou proteger-se das intempéries e do ambiente hostil utilizando-se dos meios que estavam disponíveis nesse mesmo ambiente. A inexistência de tecnologias sofisticadas fez com que procurasse, em suas construções, aspectos que reduzissem o calor, o frio, a umidade, a *secura* etc. Na verdade, à medida de sua evolução e maior sofisticação, passou a introduzir materiais mais elaborados (...). A necessidade de ostentar o “progresso”, o poder econômico, a abundância de tecnologia, fez com que, sobretudo nos tempos contemporâneos, em muito se desconsiderasse a questão ambiental da arquitetura.” (CONDE, 2003 *apud* CORBELL *et al.* 2003)

A arquitetura ao longo dos anos foi se afastando da construção orgânica e ecológica. Faz-se necessário retornar esses princípios para que possamos ter fundamentalmente uma sociedade sustentável e equilibrada. Roaf (2006) afirma que o mundo precisa de profissionais que integrem arquitetura, ecologia e engenharia. Profissionais que projetem edifícios passivos, ou seja, que usem o mínimo de energia e que a energia que utilizem provenha de fontes renováveis. A autora destaca ainda que esse é o único caminho daqui para frente. Precisa-se de interdisciplinaridade para projetar e construir, e é fundamental desenvolver uma consciência e uma formação dos profissionais para se adequarem as necessidades da construção civil paralelas ao projeto sustentável.

A intenção de apresentar novas tecnologias construtivas, que sejam competitivas no cunho econômico, busca fomentar os profissionais a especificarem e utilizarem técnicas que reduzam o impacto das construções, e que contribuam para a criação de um microclima nos centros urbanos. É necessário estimular o uso de novas tecnologias e buscar soluções que utilizem menos materiais e materiais renováveis em sua composição, além da garantia de funcionamento dos mesmos.

O uso de telhados verdes remonta há vários séculos, entretanto a sua introdução no Brasil ainda é muito recente, e vem ganhando popularidade nos

últimos anos. A aplicação de coberturas ajardinadas nas cidades contribui para a criação, não apenas do microclima, mas do conforto térmico das edificações, redução das ilhas de calor, filtragem da água e do ar etc.

Com isso busca-se ampliar o conhecimento sobre a técnica de telhado verde, especificar alguns dos benefícios da aplicação desses, principalmente nos centros urbanos, e analisar a viabilidade econômica desses sistemas, que é visto por muitos leigos e profissionais como um sistema de alto custo e complexo sistema construtivo.

Faz-se necessário desmitificar a visão que de alguns profissionais da área de arquitetura e engenharia quanto aos sistemas de telhado verde. Devido à falta de conhecimento quanto às técnicas, a viabilidade econômica e a instalação desses sistemas, deixa-se de especificar e aplicar essas técnicas relata Nascimento (2008). A autora destaca ainda a crescente utilização de técnicas e soluções inadequadas de telhado verde, que tem acarretado em uma visão errônea do sistema, posicionando-o como um sistema com recorrentes patologias e custo elevado. Desta forma, detalhar sistemas de telhado verde que protejam as lajes, reduza o custo de construção, e evite patologias faz-se cada vez mais necessário.

Desta forma, este trabalho visa analisar a aplicação de sistemas de telhado verde em edificações, e a viabilidade econômica de implementação destes sistemas construtivos, avaliando algumas tipologias de execução e as consequências estruturais em sua utilização, comparando com sistemas tradicionais de cobertura.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Os centros urbanos estão cada vez mais impermeáveis, e as áreas verdes estão dando espaço ao concreto. Faz-se necessário uma mudança na forma de projetar os espaços e principalmente se faz necessário criar soluções a serem adotadas das edificações existentes. O uso de telhados verdes pode ser uma das estratégias para reduzir as ilhas de calor nos centros urbanos, e as grandes enchentes, entretanto para isso é necessário oferecer a sociedade sistemas eficientes de telhado verde com custo compatível com sistemas tradicionais de cobertura. A partir dessa demanda surge a problemática desta pesquisa.

É possível obter sistemas eficientes de telhado verde, com peso e custo compatível com os sistemas tradicionais de coberturas difundidos no Brasil?

1.2 OBJETIVOS

Neste tópico serão mencionados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar uma análise comparativa de custo entre técnicas de telhado verde e sistemas tradicionais de cobertura.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar técnica construtiva de telhado verde extensivo, com substituição da laje de concreto armado e aplicação de tecnologia disponível no mercado brasileiro;
- b) Comparar o custo de telhados verdes, com sistemas tradicionais de cobertura;
- c) Comparar o peso das coberturas tradicionais, com as coberturas de telhado verde abordadas;

1.3 PREMISSAS

Wong *et al.* (2002), afirma que o custo de ciclo de vida dos telhados verdes extensivos, com ou sem considerar os custos energéticos, são mais baixos do que os telhados convencionais planos. A partir dessa informação acredita-se obter, através de aplicação de novas tecnologias, custo de telhados verdes inferiores ou equiparados aos telhados convencionais.

A redução do custo dos telhados verdes deverá estar atrelada a redução dos materiais construtivos para a aplicação desses sistemas, por isso entende-se que a eliminação do uso de lajes de concreto armado, para a instalação de telhados

verdes, além de reduzir a sobrecarga nas estruturas, reduzem o custo das construções.

1.4 JUSTIFICATIVAS

A discussão em torno do tema sustentabilidade nunca esteve tão aflorada, entretanto no Brasil faltam pesquisas e dados concretos para a aplicação de tecnologias que auxiliem na difusão de modelos sustentáveis para a construção civil.

A sustentabilidade está apoiada em um tripé: Social, ambiental e econômico, muito tem se discutido sobre o aspecto ambiental da sustentabilidade, o social vem em segundo plano, entretanto muitas vezes o foco na viabilidade econômica da sustentabilidade é menor, faz-se necessário desenvolver estudos apoiados em todos esses aspectos, e para isso os avanços tecnológicos são uma importante ferramenta.

Justificativa Ambiental

A discussão em torno dos problemas ambientais em decorrência da ocupação desordenada do solo tem sido constante, essa ocupação tem acarretado em diminuição das áreas vegetadas, aumento das áreas asfaltadas e concretadas, grande concentração e circulação de veículos. As consequências para o meio ambiente são muitas como: as ilhas de calor, o efeito estufa e o aquecimento global.

Os telhados verdes mostram-se como aliados para a diminuição dos efeitos das construções urbanas, os telhados verdes agem como filtros naturais da água e do ar, produzem oxigênio, absorvem CO₂, entre várias outras contribuições para o meio ambiente e a saúde humana.

Machado *et al.* (2004) afirma que além dos benefícios ambientais, os telhados verdes também trazem benefícios arquitetônicos e estéticos. O Autor destaca ainda que os telhados verdes têm como principal característica ser um material ativo em relação às condições climáticas onde está inserido, e destaca que essa é a principal característica que diferencia esse tipo de cobertura com os demais tipos.

Justificativa Social

Atualmente a população urbana já passa de 50% no mundo, nos últimos 60 anos, a população urbana aumentou cerca de 5 vezes, enquanto a população rural aumentou apenas 30%. (ONU, 2011). Esse aumento populacional acarretou em diferentes problemas na ordem social, ambiental e para a saúde humana. Problemas como: aumento das alergias, aumento das toxinas na água e no ar, enchentes urbanas que devastam bairros e cidades, além do aumento de violência e criminalidade nos grandes centros urbanos.

Estudo elaborado por Baldessar (2012) aponta uma redução de 70% do envio da água de chuva para a rede pluvial no uso de telhados verdes. Ressalta ainda que se as coberturas tradicionais forem substituídas por telhados verdes, para legislações onde a exigência de área mínima permeável é de 25% e a taxa de ocupação de 50%, passa-se a ter área permeável efetiva de 75% da área do terreno, ou seja, triplica a área exigida por lei.

Baldessar (2012) afirma ainda:

Desastres ligados a chuvas intensas afetaram perto de cinco milhões de pessoas nas décadas de 1990 e 2000. Propondo ações para contribuir com a gestão de águas pluviais, o uso do telhado verde, viria prevenir a redução do seu escoamento pela rede pública, córregos e rios no ambiente urbano e, com isto, impediria a ocorrência de enchentes. (BALDESSAR, 2012)

Köhler *et al.* (2002) afirma que o uso dos telhados verdes garantem a qualidade das águas superficiais, sendo consequência da redução de poluição causada pelo transbordamento dos sistemas de águas de esgoto quando saturado pelas águas pluviais.

Justificativa Econômica

A análise do telhado verde no ciclo de vida apresenta uma série de benefícios na ordem econômica. Os principais benefícios do telhado verde quanto ao fator econômico está relacionado à vida útil do telhado verde, que segundo alguns pesquisadores é o dobro dos telhados convencionais.

Os sistemas convencionais de cobertura tem sua vida útil limitada pela ação do clima sobre eles. As mudanças de temperatura de dia e de noite alteram as

propriedades do telhado aumentando a manutenção nos mesmos. As ações do clima, chuva, raios ultravioleta, toxinas fazem com quem com o tempo aparecem patologias na construção. Lajes impermeabilizadas podem, com a contração e retração em função do calor, fissurar e gerar infiltrações na edificação.

O telhado verde além das funções ambientais e sociais, ele tem a função de proteger a estrutura da edificação contra as ações citadas acima. Projeto os materiais da cobertura que revestem e impermeabilizam as lajes afirma Vecchia (2005), o autor destaca ainda que os telhados verdes reduzem a variação térmica da estrutura, e da edificação como um todo, reduzindo expressivamente os custos com aquecimento e resfriamento da edificação, contribuindo assim para a eficiência energética da edificação. Outro fator econômico a ser destacado é com relação ao conforto térmico das edificações, que são propiciados por esse tipo de construção.

O consumo energético no Brasil vem aumentando expressivamente conforme relata Baldessar (2012). Da energia consumida no Brasil, 44,98% são consumidas em edificações residências, comerciais e públicas. E dentro desse contexto quase 50% são consumidas em edificações residenciais. A aplicação desses sistemas nas residências reduziria expressivamente o consumo de energia, através do isolamento térmico.

A construção do telhado verde vincula diferentes áreas de atuação, como paisagistas, arquitetos, instaladores e operários, essa interdisciplinaridade é essencial para o bom desenvolvimento das técnicas construtivas, e um grande ganho social/econômico. A produção de telhados verdes movimentam várias cadeias produtivas e tecnológicas, gerando emprego e renda, pelo uso de mão de obra diversificada. Além de criar uma possibilidade de mão de obra especializada nesse tipo de instalação.

Quanto à análise de custo das edificações, os telhados verdes quando inseridos em lajes de concreto armado apresentam custo superior aos sistemas convencionais de cobertura. Por isso a importância de novas tecnologias de telhado verde e a inserção das coberturas na análise do ciclo de vida.

Justificativa Tecnológica

O uso de telhados verdes remonta há muitos séculos. Os primeiros sistemas utilizavam técnicas primitivas e eram necessários grandes camadas de terra. Com a

evolução das tecnologias foi se reduzindo as espessuras das coberturas verdes e criando novas técnicas para a aplicação das mesmas, com o modernismo novas formas foram difundidas, entretanto os problemas com patologias foram frequentes.

A Alemanha no século XX assume a frente para o desenvolvimento de tecnologias para a implantação de coberturas verdes, no Brasil atualmente tem sido discutido a aplicação do telhado verde, que acontece ainda em menor escala e com pouca tecnologia.

1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A presente pesquisa é estruturada em sete capítulos, conforme descrição a seguir:

O **Capítulo 1** é composto pela introdução, apresentando a finalidade da pesquisa, seguido do problema que permeia a mesma. Aborda os objetivos em torno deste trabalho e as principais justificativas;

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre os conceitos de sustentabilidade, sustentabilidade aplicada à construção civil, conceitos de coberturas convencionais e coberturas verdes e as principais vantagens da aplicação dos telhados verdes;

O **Capítulo 3** trata da metodologia aplicada a essa pesquisa, especificando a fonte de dados e o método de análise e apresentação dos resultados obtidos;

O **Capítulo 4** discorre sobre o modelo de telhado verde abordado, relatando a sua experiência e as técnicas aplicadas no mesmo;

O **Capítulo 5** apresenta os dados levantados e a especificação técnica de cada uma das tecnologias abordadas para composição dos resultados;

O **Capítulo 6** apresenta a análise dos resultados.

O **capítulo 7** apresenta as considerações finais a cerca do tema abordado, e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta pesquisa busca apresentar uma nova tecnologia de telhado verde e comparar a viabilidade financeira desta técnica com sistemas convencionais de cobertura.

Nesse capítulo serão descritos a origem e a cultura do uso de telhados no Brasil, os princípios da sustentabilidade, os benefícios do uso de telhados verdes nas edificações e alguns exemplos práticos de diferentes técnicas construtivas de telhado verde.

2.1 ORIGEM DOS TELHADOS

O habitat humano encontra-se em constante modificação ao longo dos séculos. Estas mudanças fizeram com que surgissem diferentes conceitos sobre o que seria o ambiente adequado e quais as premissas para definir o espaço como tal. Instintivamente, o homem sempre procurou segurança, proteção e abrigo. Neste aspecto, a sociedade moderna não difere da primitiva (BALDESSAR, 2012).

O telhado surge com a função de revestir a edificação contra a ação de intempéries e assume ainda a função de isolar a edificação de poeiras e entrada de pequenos animais, assim como garantir proteção acústica a edificação.

Os primeiros abrigos eram simples, geralmente estruturados em madeira ou pedra com cobertura em palha, o suficiente para suprir a demanda naquele período (Figura 1). Entretanto com o tempo, foram criadas novas necessidades e com o desenvolvimento de novas técnicas construtivas, evoluiu-se a forma de projetar e construir o espaço.



Figura 1 Abrigo primitivo de Pedra e Palha
Fonte: Picasa (2012)

A palavra telhado tem sua origem no uso das telhas, porém nem todo sistema de proteção do edifício constitui-se, obrigatoriamente, num telhado. Podem-se ter lajes com espelho de água, terraços e jardins suspensos (ARAUJO 2003).

As primeiras construções brasileiras foram feitas através das técnicas construtivas utilizadas pelos indígenas, com o uso de folhas ou fibras vegetais para cobrir as edificações, como pode ser visto na Figura 2. Com a chegada dos portugueses esses começaram a reconstituir os padrões arquitetônicos utilizados por eles em sua terra de origem. Passa-se a construir com pedra e cal, ou taipa de pilão, e as coberturas ganham telhas de cerâmica (LA PASTINA, 2005).



Figura 2 Oca - Residência indígena
Fonte: Wikipédia (2012)

As primeiras telhas eram produzidas *in loco* sendo moldadas em troncos, e denominadas capa e canal. O escoamento das águas pluviais era feito através de sistemas de calhas de telhões cerâmicos ou cantaria. Entretanto, destaca La Pastina (2005), devido aos altos índices pluviométricos esses sistemas causavam infiltrações, desta forma deixou-se de utiliza-los.

Desde a inserção do modelo português de cobertura na cultura brasileira esse se tornou o mais usual e difundido. Na segunda metade do século XIX começam a surgir às primeiras telhas industrializadas vindas da França, surgindo na sequencia as telhas esmaltadas, em escama etc. (LA PASTINA, 2005).

O uso de lajes planas foi difundido através das premissas do modernismo por arquitetos de grande renome, com edificações que se tornariam referência para a arquitetura brasileira. Entretanto, devido a problemas com a impermeabilização esse sistema foi pouco difundido para residências de padrões mais simples.

A difusão do uso de telhados verdes para toda a sociedade deverá partir de uma mudança de paradigmas, uma mudança cultural da sociedade. Para tal é importante novas tecnologias e o conhecimento e domínio das mesmas pelos profissionais da área da construção civil.

2.2 SUSTENTABILIDADE

Sustentabilidade é a garantia de desenvolvimento econômico e social das atuais gerações sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades (ONU, Comissão Brundtland, 1987).

O conceito de sustentabilidade é amplamente discutido atualmente, e a inserção de conceitos e princípios da sustentabilidade se faz necessário e urgente na construção civil. A sustentabilidade deve garantir o equilíbrio ecológico, social e econômico. E é através desse equilíbrio que a construção civil deve ser estruturada.

Costa (1982) conceitua equilíbrio ecológico sendo:

O equilíbrio do tipo lábil que resulta da interação entre os organismos vivos e o meio, pelo qual constantemente se restabelece tudo aquilo que é consumido. Nesse processo contínuo de destruição e renovação é que se abrem as possibilidades para o aprimoramento, para a evolução (COSTA, 1982).

O autor define ainda a Arquitetura Ecológica como: “a arte de construir habitações aproveitando, na luta contra o desconforto criado pelo meio, apenas os recursos imediatos propiciados pela própria natureza, sem alterar o equilíbrio ecológico do mesmo” (COSTA, 1982).

Com a globalização, a abundância do petróleo e o custo irrisório da energia a arquitetura foi deixando de lado alguns princípios da sustentabilidade, como o conforto térmico, a iluminação natural e conforto acústico. Passou-se então a adotar sistemas artificiais para suprir essas necessidades. Com a crise do Petróleo de 1973 voltou-se a discutir a necessidade de uma arquitetura sustentável e de fontes alternativas de energia, surge então a Arquitetura Bioclimática (CORBELLA *et al.* 2003).

O novo milênio traz consigo grandes preocupações com o nosso planeta. O efeito estufa, a crise energética, a emissão de CO₂, a escassez de combustíveis fósseis, e a racionalização da água. Essas preocupações vão se refletir em uma busca pela sustentabilidade, e uma busca por soluções que equilibrem as altas taxas de crescimento populacional, com baixos impactos ambientais e na saúde das pessoas.

Nos anos 80 a preocupação com o meio ambiente aumenta, devido às mudanças climáticas. As taxas de redução da camada de ozônio, o aumento dos gases que geram o efeito estufa, tornam-se aparentes. Os anos 90 registraram as maiores temperaturas, sendo a década mais quente até então registrada (ROAF, 2006).

Essa nova realidade que se configura faz com que se torne necessário e imediato, ações na indústria da construção civil para auxiliar nas reduções dos impactos ambientais e sociais causados pela falta de planejamento urbano sustentável.

2.3 CONSTRUÇÃO CIVIL

“Os edifícios são os poluentes mais nocivos, consumindo mais da metade de toda a energia usada nos países desenvolvidos e produzindo mais da metade de todos os gases que vêm modificando o clima” (ROAF, 2006).

A população urbana representa 51% da população mundial. Segundo dados da divisão de população da ONU (2011), em 61 anos (de 1950 a 2011) a população passou de 2,5 bilhões de pessoas para 7 bilhões. Nesse mesmo período a população urbana pulou de 730 milhões para 3,6 bilhões de habitantes.

Esses dados demonstram a necessidade de explorar soluções sustentáveis para serem aplicadas nos centros urbanos. É necessário estudar soluções para serem aplicadas nas construções existentes, com o objetivo de reduzir os problemas ambientais decorrentes dessa ocupação desordenada do solo.

Alves (2012) afirma que “Construir algumas cidades ecológicas pode até ser relativamente fácil, difícil vai ser tornar todas as demais cidades sustentáveis, com economia de baixo carbono e com baixo impacto ambiental”.

A indústria da construção é vital para fornecer a tecnologia necessária para satisfazer as necessidades de desenvolvimento humano. A indústria da construção civil comercializa vários produtos para melhorar a qualidade de vida. Entretanto é importante reconhecer que as práticas da construção civil são um dos principais contribuintes para os problemas ambientais, principalmente devido à utilização de materiais não renováveis (HEWAGE, 2011).

No plano da Agenda 21 “brasileira” discute-se e orientam-se políticas de desenvolvimento sustentável. Na área de programa, quanto às ações para promover atividades sustentáveis na indústria da construção descreve-se:

“As atividades do setor da construção são vitais para a concretização das metas nacionais de desenvolvimento socioeconômico: proporcionar habitação, infraestrutura e emprego. Ao mesmo tempo, por meio do esgotamento da base de recursos naturais, da degradação de zonas ecológicas frágeis, da contaminação química e do uso de materiais de construção nocivos para a saúde humana, elas podem ser uma fonte importante de danos ambientais” (AGENDA 21, 2002).

Desta forma sugere-se:

“Adotar normas e outras medidas regulamentadas que promovam um uso mais intenso de projetos e tecnologias que façam uso da energia de forma eficiente e que utilizem os recursos naturais de forma sustentável e adequadamente, tanto do ponto de vista econômico como ambiental” (AGENDA 21, 2002).

2.4 TELHADO VERDE: ORIGEM E TIPOLOGIAS

Ao longo da pesquisa será adotado o termo telhado verde, para referir-se ao sistema de cobertura para edificação com aplicação de solo e vegetação sobre uma

camada impermeável. A construção do telhado verde pode ser feita sobre diferentes tipos de materiais. Destacam-se as lajes de concreto como o sistema construtivo mais utilizado para instalação do sistema. Os telhados podem ainda ser inseridos em coberturas planas ou inclinadas, como pode ser visto nas Figuras 3 e 4.



Figura 3 Telhado verde com inclinação de 45° - Siegen Oberscheiden (Alemanha)
Fonte: MINKE (2004)



Figura 4 Telhado Plano - Albergue em Stuttgart Hohenheim (Alemanha)
Fonte: MINKE (2004)

O uso de telhados verdes remonta há vários séculos, tanto em regiões de temperaturas baixas, como a Escandinávia e a Islândia, precursoras na aplicação dessa tecnologia, como em regiões quentes como a Tanzânia. Pode-se ver um exemplo de residência com telhado verde na Figura 5.



Figura 5 Casa Hehe – Tanzânia
Fonte: Minke (2004)

Na Islândia, Figura 6, a aplicação dos telhados verdes tinha como função garantir o isolamento térmico das casas, utilizadas no inverno sem a necessidade de uso de calefação (MINKE, 2004).



Figura 6 Casas tradicionais cobertas com grama
Fonte: Minke (2004)

Osmundson (1999) *apud* Nascimento (2008) menciona que as referências históricas de telhado verde mais significativas no período de 4000 a 600 a.C. são Etemenanki, na Babilônia, e Nanna, na antiga cidade de Ur. Contudo, o mesmo autor afirma ainda que o mais famoso exemplo é provavelmente o dos Jardins Suspensos da Babilônia (Figura 7).



Figura 7 Representação dos jardins suspensos da Babilônia, como imaginados pelo artista Martin Heemskerck
Fonte: Wikipédia (2012)

Na Europa durante a idade média, o uso de telhados verdes, está diretamente ligado à conservação de água e à produção de alimentos, pois nessa época a disponibilidade de espaços para produção de alimentos era escassa.

Em Nova York, destaca-se como apogeu do uso de terraços jardins a construção do Rudolph Aronson's Casino Theater em 1880, o primeiro teatro dos Estados Unidos a incorporar o terraço-jardim aos espaços destinados a espetáculos no verão (Figura 8).



Figura 8 Rudolph Aronson's Casino Theater
Fonte: Lowel (2012)

Um grande marco para o uso dos telhados verdes, ou *toit-jardin* como era denominado pelo renomado arquiteto Le Corbusier, foi o modernismo. Passa-se a recuperar os espaços ociosos das coberturas para integrar com as edificações, e inseri-la na natureza. E o uso de telhados jardins é citado como um dos cinco princípios do modernismo.

Oliveira (2003 *apud* NASCIMENTO 2008) “a cobertura é o espaço de contemplação da arquitetura e da paisagem, onde ocorram eventos plásticos, sociais e de lazer, criando assim uma correspondência definitiva entre edifício, jardim e paisagem”.

Entretanto o acréscimo de estrutura devido ao peso dessas coberturas, e as inseguranças com infiltração fizeram com que essa técnica não fosse difundida por todas as construções modernistas e pós-modernistas.

Ao longo da história, diferentes culturas foram redescobrimo os telhados verdes. Mas é no século XX, na Alemanha, que começam a ser utilizados em grande escala os telhados verdes. Em 1977, a *Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – FLL* (Sociedade de Pesquisa em Desenvolvimento e Construção da Paisagem) implanta as diretrizes para coberturas verdes na Alemanha. Os telhados verdes passam nesse momento a serem utilizados como forma de controle de enchentes e redução da poluição no ar (OSMUNDSON, 1999).

O modernismo brasileiro trás consigo os principais referenciais de coberturas verdes no Brasil, através do paisagista Burle Marx tendo como exemplar o Ministério da Saúde e Educação no Rio de Janeiro dos arquitetos: Afonso Reidy, Carlos Leão, Ernani de Vasconcelos, Jorge Moreira, Lúcio Costa e Oscar Niemeyer (Figura 9 e 10).

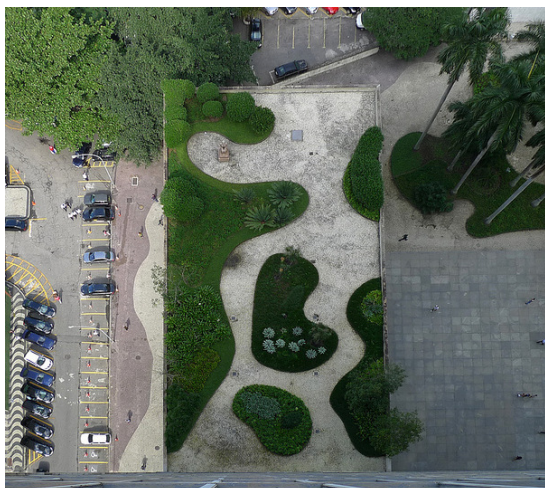


Figura 9 Ministério da Educação e Cultura - Rio de Janeiro
Fonte: Flickr (2012)



Figura 10 Ministério da Educação e Cultura - Rio de Janeiro
Fonte: Monolitho (2012)

Os telhados verdes vêm sendo empregados nos países europeus e na América do Norte com grande frequência. O Brasil caminha em passos lentos, entretanto algumas empresas começam a se especializar em tecnologias para serem empregadas em telhados verdes.

As certificações ambientais começam a impulsionar o desenvolvimento dessas empresas. A certificação *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)* - sistema de certificação e orientação ambiental de edificações criado pelo *U.S. Green Building Council*, destaca o uso de telhados verdes como pontuadores indiretos para obtenção da certificação verde. Através do projeto de captação de águas pluviais, redução de uso de energia para aquecimento e resfriamento, redução das ilhas de calor etc.

O mesmo pode ser observado no processo de certificação do sistema Aqua da Fundação Vanzolini, que tem como objetivo avaliar a Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento. Na gestão de energia aparece o uso de coberturas vegetalizadas como uma tecnologia que limita a necessidade de resfriamento artificial.

Essas empresas são importantes para o mercado de telhados verdes, pois com esses sistemas, é possível garantir a eficiência do seu funcionamento, podendo os profissionais especificar o uso desse tipo de cobertura com mais tranquilidade.

Köhler *et al.* (2002) ressalta que a difusão dos telhados verdes na Alemanha, que chega hoje a 7% dos novos telhados construídos, se devem a garantia de 30 anos dada ao produto, se igualando a garantia de telhados convencionais.

Tavares *et al.* (2001), destaca que a Alemanha tem apresentado resultados muito positivos com a aplicação dos telhados verdes, sendo adotados em edificações residências, comerciais e industriais, “os telhados vivos têm sido aplicados em função da alta rentabilidade decorrente do aumento da durabilidade da impermeabilização da cobertura”.

Desta forma é importante destacar a necessidade de políticas e incentivos que fomentem o uso dos telhados verdes, pois essa técnica pode auxiliar a diminuir problemas recorrentes da falta de florestamento e alto índice de urbanização das cidades.

Nascimento (2008) destaca a importância dos telhados verdes, ou CV's, como ela denomina, para a recuperação da cobertura vegetal.

Fazem parte da AGENDA 21 (ONU, 1992): a proteção e promoção das condições da saúde humana; a redução dos riscos para a saúde decorrentes da poluição e dos perigos ambientais; e a promoção de atividades sustentáveis na indústria da construção, bem como a promoção do desenvolvimento sustentável. O item que contempla a provisão de cobertura vegetal para as áreas degradadas por meio de reabilitação, florestamento e reflorestamento aponta para as outras técnicas de

reabilitação. Entende-se que a tecnologia das CVs, aplicada na operação, reabilitação e manutenção do ambiente construído, se insere nestes processos (NASCIMENTO, 2008).

A constituição da sociedade é predominantemente urbana. E é essa urbanização que vem acentuando os problemas ambientais tão intensos que temos hoje. As áreas verdes das cidades foram dando espaço ao asfalto e ao concreto. Áreas antes de escoamento pluvial foram completamente impermeabilizadas. As coberturas ganham cerâmica, concreto, fibras minerais, e diminuem a absorção de umidade. Essa forma de construir e de urbanizar eleva a temperatura dos ambientes e dos envoltórios das edificações, e para suprir essa demanda, usam-se sistemas artificiais de refrigeração, como ar condicionado. Lötsch (1981 *apud* MINKE 2004), afirma que esse uso intenso de ar condicionado, somada a poucas áreas de vegetação e o intenso uso de veículos automotores gera um ciclo, (Figura 11), de aumento de temperatura, que segundo ele nos centros das grandes cidades chega 11º mais alto que nos subúrbios.

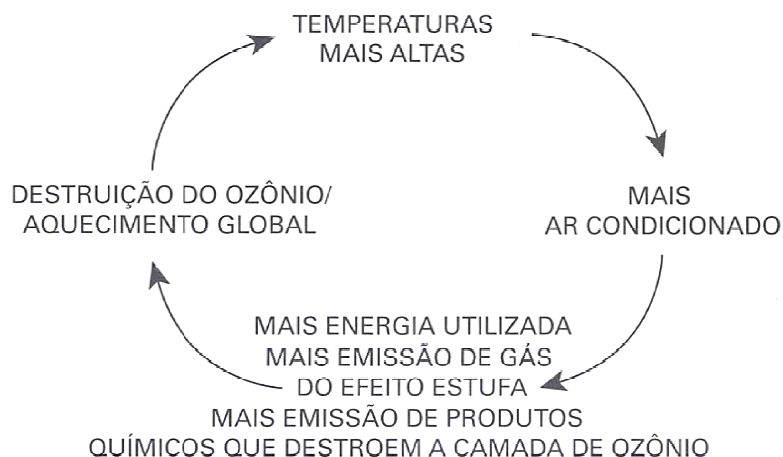


Figura 11. Ciclo Aquecimento global
Fonte: Roaf (2006)

Roaf (2006) destaca que a resposta da arquitetura quanto a essas mudanças climáticas não tem sido de criar soluções ambientalmente aceitáveis, mas sim instalar sistemas de ar condicionado. Nos EUA 40% da energia gerada é utilizada em sistemas de condicionamento de ar.

O telhado verde pode ser utilizado para diminuir ou até substituir esses sistemas. Os benefícios dos telhados verdes são ainda mais expressivos nas áreas urbanas, pois nas áreas rurais, as árvores e as vegetações como um todo que

circundam as residências conseguem manter o ar mais fresco com a umidade relativa mais confortável.

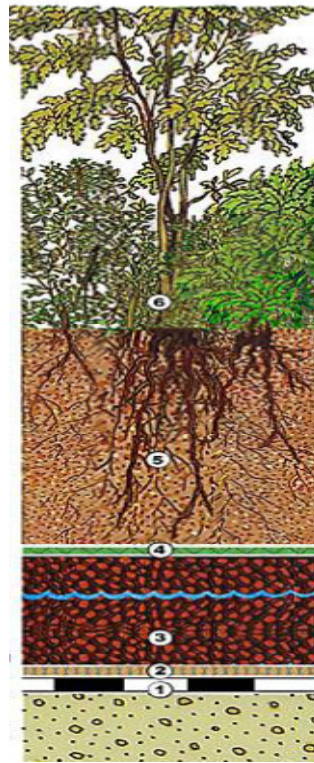
Residências localizadas nos centros urbanos, e nas periferias, que em geral são áreas com pouca vegetação e grandes aglomerados urbanos, o microclima é muito alterado, e a necessidade de articular áreas vegetadas se torna ainda mais intenso. Não apenas devido à saúde das pessoas, mas como forma de desafogar os sistemas de drenagem. Segundo Hewega *et al.* (2011), em áreas abertas as plantas usam a energia solar para controlar a temperatura, liberando vapor e contribuindo para o ciclo da água, enquanto nas zonas urbanas não há vegetação suficiente para arrefecer o ambiente.

As coberturas verdes são divididas em duas categorias principais: Intensivos e extensivos.

2.4.1 Telhados verdes Intensivo e Extensivo.

Os telhados verdes em diferentes bibliografias são classificados em duas formas: telhado verde Intensivo e telhado verde extensivo. O telhado intensivo exige maior manutenção e geralmente está associado a terraços ajardinados, necessitando de mão de obra qualificada para a sua manutenção conforme afirma Hewage (2011). Minke (2004) complementa que, para este sistema é necessário uma espessura de substrato mínima de 30 cm, conforme Figura 12. Nas Figuras 13 e 14 é possível verificar alguns exemplos dessa técnica de cobertura verde.

Os telhados intensivos demandam mais água e adubo, e a estrutura para suportar esses jardins é mais reforçada devido ao peso que esse tipo de cobertura quando saturada.



Coberturas Verdes Intensivas

6. Plantas, vegetação
5. Substrato/solo para CV intensiva
4. Camada de filtro permeável às raízes
3. Camada de drenagem e capilaridade
2. Camada de proteção e armazenamento
1. Pavimento de cobertura, isolante, impermeabilização.

Figura 12. Camadas Telhado verde Intensivo
 Fonte: Greenroofservice (2012)

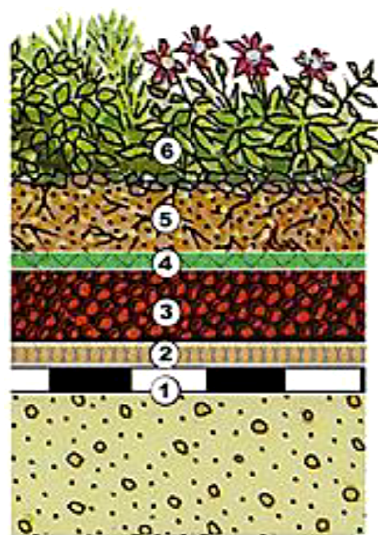


Figura 13 Exemplo de telhado verde de uso intensivo - Houston, USA
 Fonte: greendridroofs (2012)



Figura 14 Exemplo de telhado verde de uso intensivo – Beloit, USA
 Fonte: greendridroofs (2012)

As coberturas extensivas, são telhados que necessitam de pouca ou nenhuma manutenção, geralmente com substrato de espessura de 10cm, conforme Figura 15 e uso de plantas de baixa manutenção, como por exemplo as suculentas, que tem suas folhas e talos engrossados que permitem o armazenamento de água, reduzindo a necessidade de regas. A sobrecarga na estrutura para esse tipo de cobertura é muito menor, ficando próximo ao peso de coberturas de telha de concreto. (KÖEHLER *et al.* 2002). Figuras 16 e 17.



Coberturas Verdes Extensivas

6. Plantas, vegetação
5. Substrato/solo para CV extensiva
4. Camada de filtro permeável às raízes
3. Camada de drenagem e capilaridade
2. Camada de proteção e armazenamento
1. Pavimento de cobertura, isolante, impermeabilização.

Figura 15. Camadas telhado verde Extensivo

Fonte: greendridroofs (2012)

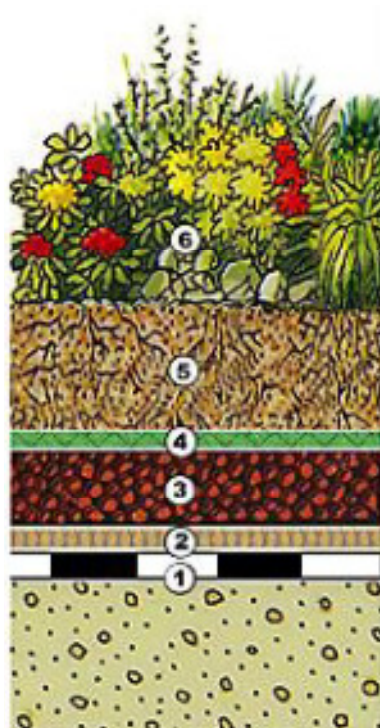


Figura 16 Exemplo de cobertura de uso Extensivo - Chicago – USA
Fonte: greendridroofs (2012)



Figura 17 Exemplo de cobertura de uso Extensivo - Chicago USA
Fonte: greendridroofs (2012)

Alguns pesquisadores também destacam o sistema semi-intensivo, Figura 18, que utilizam vegetações de médio porte, e que necessitam de irrigação e manutenção mais constantes que as do tipo extensivas (NASCIMENTO, 2008) Figura 19 e 20.



Coberturas Verdes Semi-Intensivas

6. Plantas, vegetação
5. Substrato/solo para CV intensiva
4. Camada de filtro permeável às raízes
3. Camada de drenagem e capilaridade
2. Camada de proteção e armazenamento
1. Pavimento de cobertura, isolante, impermeabilização.

Figura 18. Modelo Telhado verde semi-intensivo

Fonte: greendridroofs (2012)



Figura 19 Exemplo de cobertura de uso Semi-Intensivo - Indianápolis – USA
Fonte: greendridroofs (2012)



Figura 20. Exemplo de cobertura de uso Semi-Intensivo - Boston – USA
Fonte: greendridroofs (2012)

O custo quando comparado esses dois sistemas também pode variar muito segundo Hewega *et al.* (2011). Enquanto o custo de um telhado extensivo pode variar de U\$130/m² a U\$165/m² no Canadá, os telhados intensivos custam a partir de U\$540/m².

Contudo, o objetivo desta pesquisa é destacar um sistema de baixa ou nenhuma manutenção para ser aplicada em centros urbanos substituindo as coberturas convencionais utilizadas. Desta forma, será focado o tipo de cobertura extensiva no decorrer desta pesquisa.

2.5 TELHADO VERDE: BENEFÍCIOS

Segundo Minke (2004), a implantação de telhados verdes e jardins poderiam melhorar muito o clima das cidades, através da purificação do ar, redução de pó e variação das temperaturas nos centros urbanos, afirma ainda que a aplicação de telhados verdes em 10% a 20% nas coberturas já garantiria um clima urbano saudável.

Se utilizarem de base os bairros centrais das grandes cidades, 1/3 da superfície está edificada, 1/3 corresponde a ruas e praças e sobra apenas 1/3 de superfície verde, livre de pavimentos. Desta forma se uma a cada 5 casas fossem cobertas com telhados verdes dobraríamos a quantidade de folhas nas cidades (MINKE, 2004).

A Densidade e a espessura da camada de telhado verde e também a quantidade da superfície das folhas, são decisivas para alcançar os benefícios das coberturas verdes como: Isolamento térmico, filtragem do ar etc.

Destacam-se alguns dos benefícios do telhado verde:

2.5.1 Redução das Ilhas de Calor

De acordo com a pesquisa do arquiteto alemão Jörg Spangenberg, poderia ser reduzido de 1°C a 2°C da temperatura das cidades se fossem utilizados telhados verdes. Alguns fatores ajudariam a definir essa variação como direção e intensidade dos ventos (D'ELIA, 2012).

Essa mudança de temperatura é muito expressiva para reduzir as ilhas de calor que são muito intensas nos grandes centros urbanos. A incidência de radiação solar sobre as coberturas, principalmente as de coloração escura fazem com que se absorva essa energia e libere-a lentamente à noite, como consequência, temos temperaturas muito elevadas em torno das edificações, sendo necessário o uso de aparelhos para amenizar as temperaturas. Essa redução de temperaturas poderia ser feita através da evapotranspiração das vegetações (BALDESSAR, 2012).

As coberturas verdes reduzem substancialmente a temperatura dos telhados. Segundo Spangenberg (2009 *apud* D'ELIA 2012).

“a redução da temperatura da superfície das lajes após a instalação das coberturas diminui cerca de 15°C, o que influencia na sensação de conforto térmico dos ambientes. A diferença também é sentida no consumo de energia elétrica. Dependendo do tipo de telhado, capacidade de área, vegetação utilizada e do sombreamento, estima-se que, no andar de cobertura, a redução da carga térmica para o condicionador de ar seja de aproximadamente 240 kWh/m², proporcionado pela evapotranspiração.”

2.5.2 Redução da variação de temperatura durante o dia e a noite.

A duração de todos os sistemas de coberturas convencionais sejam esses de telha cerâmica, laje impermeabilizada, chapas onduladas, entre outros é limitado pela influencia do clima sobre eles. Como calor, frio, chuva, raios ultravioletas, gases provenientes das indústrias etc.

Por exemplo, na Europa as lajes impermeabilizadas ao longo do ano sofrem uma variação de temperatura de 100°C (-20° até 80°C). Essa mesma cobertura se ajardinada teria uma variação de aproximadamente 30°C (MINKE, 2004).

O Estudo realizado por Gertis *et al.* (1997 *apud* MINKE 2004) demonstra que uma laje com aplicação de impermeabilizante na cor preta pode chegar a uma temperatura superficial de mais de 90°C, entretanto sua temperatura durante a noite estaria próximo aos 10°C. A cobertura vegetada não ultrapassaria os 25° durante o mesmo dia de análise e durante a noite ficaria com temperatura por volta dos 15°C. Desta forma você tem uma variação de temperatura superficial nas lajes betumadas de 80°C, quanto nos telhados verdes de 10°C. Essa temperatura superficial mais baixa garante um microclima no invólucro na edificação muito mais agradável, além de contribuir para a redução das ilhas de calor (Gráfico 1).

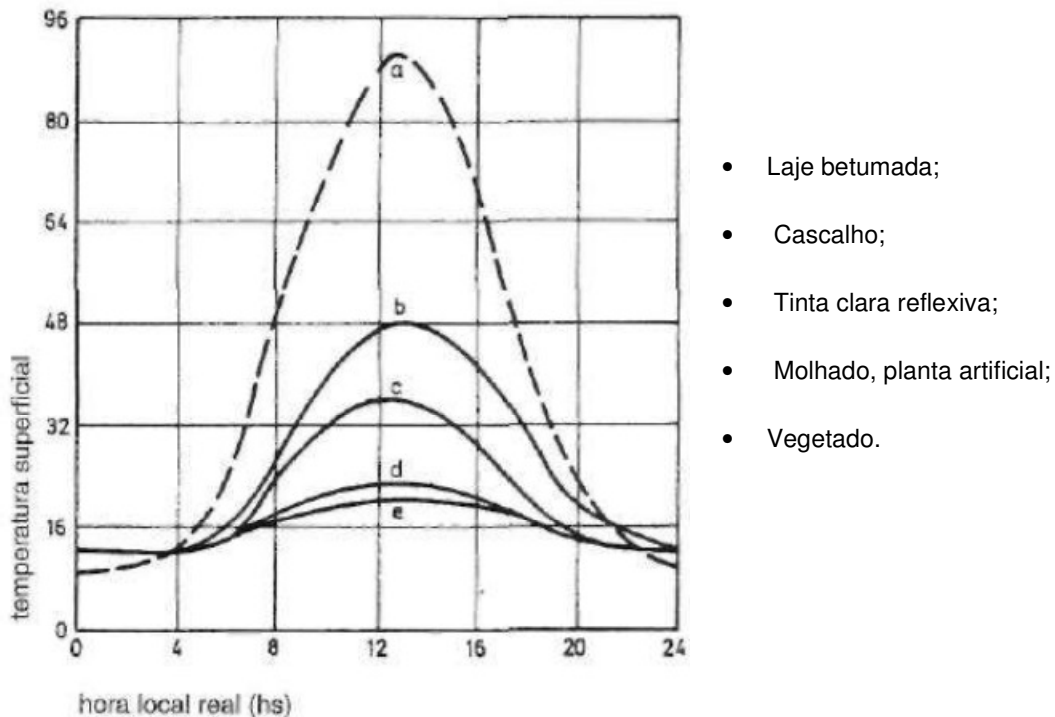


Gráfico 1. Temperaturas medidas ao longo do tempo em diferentes superfícies de coberturas planas em um dia ensolarado de verão.
Fonte: GERTIS *et al.* (1977, *apud* MINKE, 2004).

2.5.3 Isolamento térmico e conservação de energia

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

Vecchia (2005) elaborou um estudo na Universidade de São Carlos, onde construíram alguns protótipos de cobertura, sendo uma de telhado verde leve, e outras de sistemas tradicionais de coberturas utilizadas com frequência no Brasil. O estudo conseguiu comparar a eficiência energética das diferentes coberturas. No Gráfico 2 é possível comparar a variação térmica externa e a variação térmica no telhado verde e dentro do ambiente. Chegando a uma variação de 10^o C na hora mais quente do dia, registrada as 14:30h. Vale ressaltar que o processo de troca de calor é retardado, pois o telhado verde age como um isolante. Vecchia (2005)

destaca ainda que isso é resultado da “sua constituição termofísica, massa e resistência térmica, ação de sombreamento provocado pelos arbustos da grama, entre outros efeitos térmicos benéficos característicos desse tipo de sistema de cobertura.” A figura ainda nos mostra que o atraso térmico pode chegar a 4 horas, ou seja, é o tempo que demora o calor externo para penetrar no ambiente.

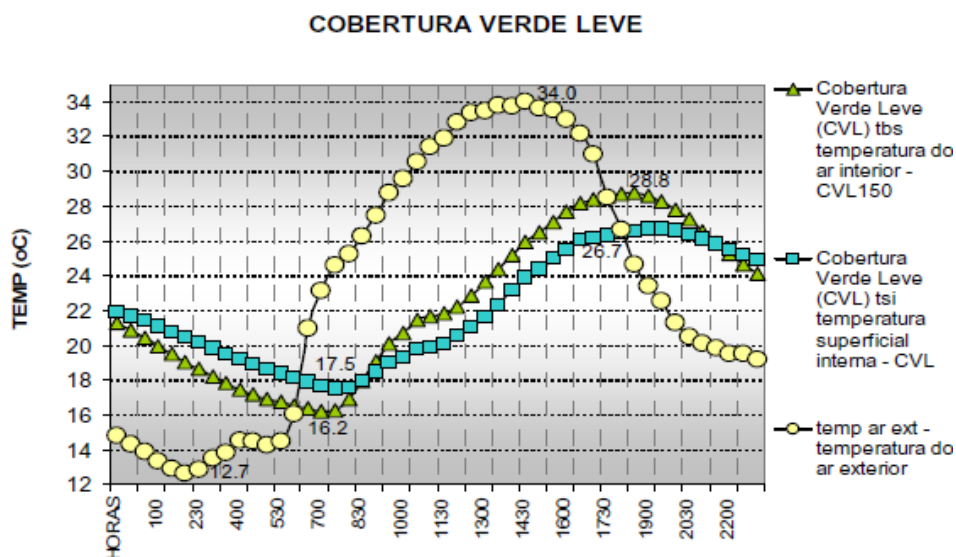


Gráfico 2. Comparativo contendo os valores da temperatura interna do ar (altura 1 metro do piso); temperatura superficial do forro e temperatura externa do ar nas horas do dia.

Fonte: VECCHIA (2005)

No Gráfico 3 é possível comparar a eficiência energética de cada uma das coberturas, ficando evidente o quão eficiente são as coberturas verdes. Todas as demais coberturas analisadas: Aço galvanizado, telha de fibrocimento ondulada, laje pré-moldada com lajotas de cerâmica com inclinação e laje impermeabilizada com pintura na cor branca com resina a base de óleo, tiveram a sua eficiência térmica, muito inferior ao telhado verde.

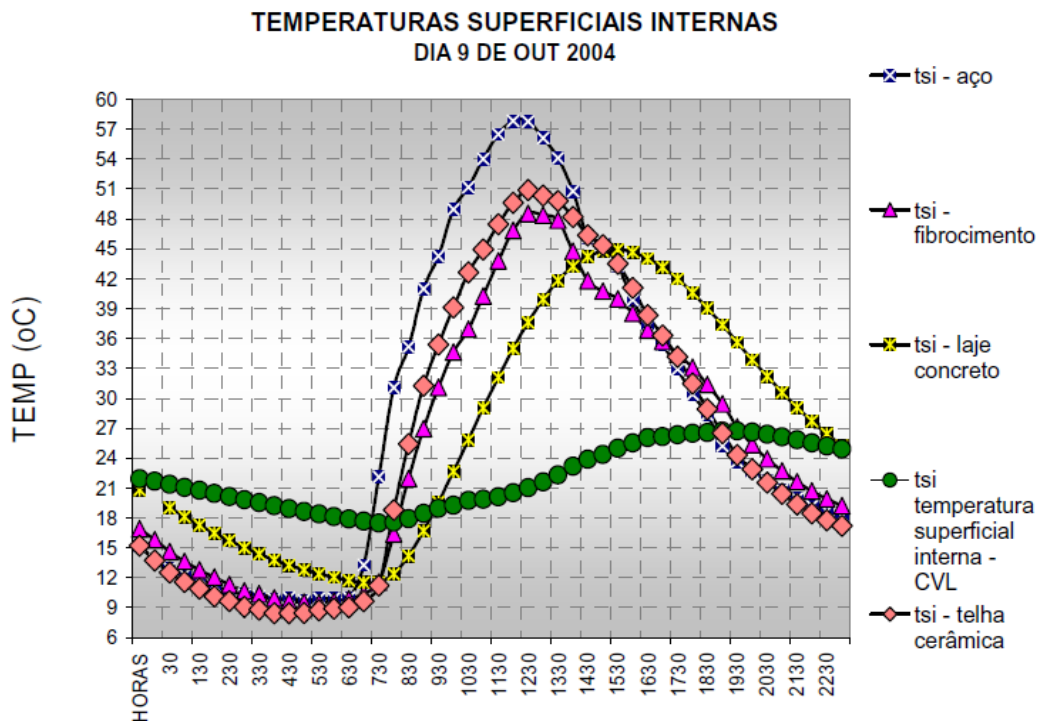


Gráfico 3 Comparativo das temperaturas superficiais internas de cinco protótipos: 1.) aço galvanizado; 2.) fibrocimento ondulado; 3.) laje pré-moldada cerâmica inclinada (sem telhas) e com impermeabilização, de cor branca, com resina de óleo vegetal (*Ricinus communis*); 4.) cobertura verde leve e, finalmente; 5.) telha cerâmica.
Fonte: VECCHIA (2005)

O telhado verde proporciona estabilidade na temperatura durante o dia e a noite. Temperaturas mais elevadas durante a noite (comparando com os demais sistemas) e mais baixas durante o dia. Isso é consequência da massa térmica da cobertura verde, que faz com que o calor seja dissipado de forma mais lenta.

2.5.4 Protegem as edificações dos raios solares.

A cobertura de uma edificação fica sujeita a variações de temperatura muito intensas. Durante o dia observam-se altas temperaturas, com radiação solar direta incidindo sobre ela, entretanto a noite o edifício perde calor, e resfria rapidamente.

Segundo Machado *et al.* (2004) os telhados verdes contribuem para a proteção da radiação solar através das folhas que refletem a radiação, não permitindo que a mesma penetre a superfície da cobertura. Quando se protege a

cobertura que se configura como o ponto mais vulnerável da construção consegue-se efetivamente melhorar o desempenho térmico da edificação.

As coberturas em dias quentes podem chegar a uma temperatura de 65,2 graus-horas de calor, acima da temperatura do ar. Morais *et al.* (2004) afirma que os telhados verdes acumulam 40% deste valor. E destaca ainda que nos horários mais quentes do dia a cobertura contribui para a refrigeração do ambiente, pois conforme pode-se ver no Gráfico 4, a temperatura superficial do telhado verde permanece menor que a temperatura do ar das 9 as 18 horas (MORAIS *et al.* 2004).

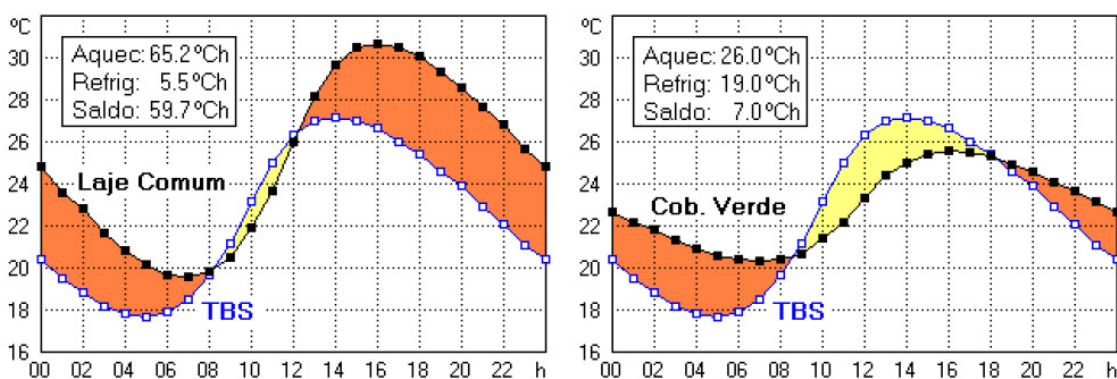


Gráfico 4. Diferenças entre a temperatura das superfícies (preto) e temperaturas do ar (azul).
Fonte: MORAIS *et al.* (2004)

2.5.5 Sistemas de Drenagem mais Eficazes.

Os grandes centros urbanos sofrem hoje com a ocupação desordenada e a falta de planejamento urbano, que acarretou no aumento de áreas urbanas e a impermeabilização de uma grande parcela do solo. Tem-se em quase todos os centros urbanos uma sobrecarga nos sistemas de drenagem que acarretam em enchentes principalmente nas periferias onde as infraestruturas são precárias (Figura 21).



**Figura 21. Cape Province, África do Sul, alagada em decorrência de grandes chuvas e da impermeabilização do solo.
Fonte: Roaf (2006)**

O século XXI inicia com chuvas muito intensas, os países têm sofrido catástrofes ambientais em função da grande incidência de chuvas afirma Roaf (2006). E o mundo começa a se dar conta que não tem dinheiro que irá pagar pelos impactos devastadores da falta de cuidado com a natureza.

Os telhados verdes podem ser um aliado para desafogar os sistemas de drenagem das cidades. Baldessar (2012) analisou como os telhados verdes contribuem para aliviar os sistemas de drenagem das cidades. A autora comparou a água escoada entre três sistemas de cobertura: laje impermeabilizada, telha cerâmica e telhado verde. A Tabela 1 ilustra o resultado obtido com tal experimento, e conclui que pode se ter uma redução de 70% da água escoada para as galerias pluviais. O teste foi feito com um telhado de uso extensivo com apenas 5 cm de substrato.

TOTALIZAÇÃO DA ÁGUA ESCOADA - EXPERIMENTO					
	Água escoada mm	Água escoada mm	Água escoada mm	Água escoada mm	
período	laje impermeável medido	telhado de barro medido	telhado verde medido	telhado verde simulação software	TOTAIS
nov 2011	8,2	3,7	0,3	5,2	total mensal (em mm)
dez 2011	109,8	85,1	29,1	36,2	total mensal (em mm)
jan 2012	78,7	61,2	21,3	12,1	total mensal (em mm)
fev 2012	128,3	101,2	49,0	55,0	total mensal (em mm)
	325,0	251,2	99,6	108,5	TOTAL GERAL (em mm)
	100,0	77,3	30,7	33,4	TOTAL GERAL (em %)

Tabela 1. Análise comparativa entre três sistemas distintos de cobertura (laje impermeabilizada, telha cerâmica, telhado verde) e simulação através de software.
Fonte: BALDESSAR (2012)

Baldessar (2012) conclui ainda que, o telhado verde realmente contribui através dos mecanismos de evapotranspiração e armazenamento a redução de água de chuva direcionada à galeria de águas pluviais.

2.5.6 Aumento da qualidade da água filtrada.

A chuva tem também a função de limpar o ar. Todas as toxinas, partículas de pó etc. presentes no ar, através da precipitação são decantadas, desta forma a água da chuva torna-se poluída.

Os telhados verdes garantem qualidade das águas superficiais, uma vez que reduz a poluição causada pelo escoamento das águas da chuva combinado com transbordo do esgoto devido à saturação do sistema (KÖHLER *et al.* 2002).

A vegetação e as demais camadas do telhado verde agem como um filtro para essa água, que pode ser utilizada para fins não potáveis. Várias cidades do Brasil já possuem leis específicas para reuso da água da chuva. Em Curitiba o Decreto 293/2006 que regulamenta a lei do PURAE (Programa de conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – Lei nº. 10785/2003), institui a coleta e reaproveitamento de água da chuva nas novas edificações. A coleta através de

telhados verdes elimina a necessidade de uso de filtros artificiais, para uso da água para fins não potáveis.

2.5.7 Produção de Oxigênio, Absorção de CO₂ e filtragem do ar.

Sabe-se que o principal gás do efeito estufa é o CO₂, e os maiores responsáveis pela emissão de CO₂ (aproximadamente 50% das emissões) são as edificações, afirma Roaf (2006).

Um relatório apresentado pela Comissão sobre Poluição Ambiental no Reino Unido destaca que para estabilizar as mudanças climáticas, será necessário reduzir cerca de 60% das emissões de CO₂. E uma das formas mais eficientes de reduzir as emissões é reduzir o uso de energia nas residências (ROAF, 2006).

Desta forma vale destacar que é necessário pensar em sistemas mais eficientes de controle da temperatura, sistemas que causem menos impacto ambiental. Assim o uso de coberturas verdes se torna um ótimo aliado nesse sistema.

As vegetações retêm ainda partículas de pó, fuligem presentes no ar, e filtram substâncias nocivas ao ambiente e ao ser humano.

2.5.8 Melhor desempenho acústico da edificação.

O nível de ruído excessivo nas cidades, provocado pelo tráfego e por diversas outras fontes, afeta psicológica e fisicamente as pessoas.

As coberturas tradicionais expandem as ondas sonoras, como afirma Machado *et al.* (2004), no entanto as plantas e o substrato absorvem essas ondas, reduzindo expressivamente os ruídos.

2.5.9 Auxiliam passivamente na qualidade de vida e na saúde humana.

Estudos afirmam que o ar provindo dos sistemas de ar condicionado é muito mais sujo que o ar externo as edificações, e estes podem ainda abrigar micróbios

elementos químicos potencialmente letais, como Legionella, mofo etc. (ROAF, 2006)

Essas edificações com sistemas de condicionamento artificial de ar já sofrem as Síndrome da Edificação Suja, conforme destaca Roaf (2006). Estudos sugerem que o trabalhador americano perde um dia de trabalho por mês, como consequência dessa síndrome.

Trazer a vegetação para o convívio da população agrega valor e conforto visual para as pessoas (Figura 22). Cantor (2008) afirma que para ele os telhados cerâmicos são telhados tristes, e que os telhados verdes agregam muito mais a cidade.



Figura 22. Telhado verde
Fonte: kgm (2012)

2.5.10 Configuram novos ecossistemas.

É necessário resgatar nos centros urbanos e periferia das cidades os ecossistemas. Ainda que o telhado verde tenha apenas uma pequena contribuição, ele reforça o ecossistema para pássaros e insetos (Figura 23 e 24).

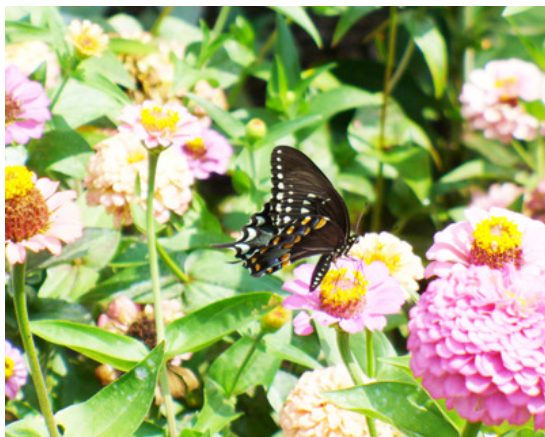


Figura 23. Borboletas sobre vegetações rasteiras
Fonte: paisagismolegal (2012)



Figura 24. Pássaro sobre vegetação rasteira.
Fonte: paisagismolegal (2012)

Desta forma é importante fomentar o uso de vegetações nativas nos telhados verdes, para garantir a consistência desse ecossistema.

2.6 CUSTO E VIDA ÚTIL DOS TELHADOS VERDES

A variação de custos dos sistemas de telhado verde é muito grande, em função dos diferentes sistemas que podem ser adotados. Minke (2004) afirma que pode variar em torno de 80% o custo de um para outro tipo de telhado verde.

Quando a obra é planejada com o uso de telhados verdes, o custo fica mais próximo ao telhado convencional, enquanto que reformas de telhados possuem o custo mais elevado. Esse custo elevado está em maior parte relacionado a sobrecarga na estrutura, afirma Hewage (2011).

Cantor (2008) afirma que telhados verdes em novas construções, tem custo variando entre \$53,80 e \$129,12 /m², já sistemas retrofit, em construções existentes, tem custo mais alto variando de \$75,32 a \$215,20/m². Ele compara ainda com outros sistemas de cobertura, e descreve que essas coberturas em novas edificações tem variação de custo entre \$21,52 a \$107,60 m² e de \$43,04 a \$161,40 por m². Cantor

(2008) destaca ainda que nessa composição de custos não está incluso a análise quanto aos benefícios de cada uma das coberturas como: aumento do valor do imóvel, economia de energia, redução de materiais de isolamento, e vida útil da cobertura.

Segundo Minke (2004), o custo dos telhados deve ser colocado no ciclo de vida dos materiais utilizados, lajes impermeabilizadas sem uma proteção terão uma vida útil muito menor que uma laje vegetada.

Hewage (2011) destaca a necessidade de avaliar o custo dos diferentes tipos de telhado verde: intensivo, extensivo. Os telhados extensivos tem uma variação de custo de \$130,00/m² a \$165,00/m², enquanto os telhados intensivos possuem custo aproximadamente quatro vezes maior, a partir de \$540,00/m² (HEWAGE, 2011). Esse é um dos fatores decisivos para a escolha por um ou outro tipo de telhado.

Philippi (2006) destaca que a escolha de um ou outro telhado não deve ser baseada apenas no custo inicial de cada um, por exemplo, se você necessita de uma retenção de água maior, recomenda-se a aplicação de um sistema intensivo, pois quando avaliado seu custo no ciclo de vida, esse valor inicial alto é diluído nos benefícios. Entretanto afirma o autor, 80% dos telhados verdes na Alemanha hoje são do tipo extensivo, devido essa relação custo x benefício.

Mann (2002 *apud* CLAUS *et al.* 2010) afirma que uma cobertura comum tem vida útil de cerca de 25 anos, enquanto um telhado verde dura o dobro deste tempo.

Claus *et al.* (2010) faz uma análise do custo dos telhados verdes em um prazo de 50 anos, analisando o ganho com os benefícios, e o custo com manutenção e construção do mesmo, ele insere ainda o ganho com a não substituição de um telhado no prazo de 25 anos, se baseando na constatação de Mann citada acima.

A intenção do estudo é analisar a viabilidade de subsídio para construção de telhados verdes e os benefícios por essa medida política. Conclui-se que em longo prazo os telhados verdes são preferíveis as coberturas clássicas. Tem-se como fator decisivo a durabilidade do mesmo. Destaca ainda que os benefícios sociais e ambientais com o tempo só tendem a aumentar. Nas Tabelas 2 e 3 é possível verificar os benefícios x custos tanto privado quanto público por ano. Os valores apresentados nos gráficos são em euro/m² (CLAUS 2012).

Tabela 2. Comparação de investimentos privados, custoXbenefícios por ano (em euro por m²)

Análise de custo benefício privado	Ano 0	Ano 1	Ano 2 - 24	Ano 25	Ano 26 - 50
Custos, incentivo privado					
Investimento e custo de manutenção	32	1	1	1	1
Irrigação	-	0,063	0,063	0,063	0,063
Benefícios, incentivo privado					
Subsídio	-	31	-	-	-
Economia de energia	-	0,133	0,133	0,133	0,133
Conforto acústico	-	0,287	0,287	0,287	0,287
Troca de telhado evitada	-	-	-	180,30	-
Resultado	- 32	30,357	-0,643	179,657	-0,643

Fonte: A autora, adaptado Claus *et al.* (2010)

Tabela 3. Comparação de investimentos privados, custoXbenefícios por ano (em euro por m²)

Análise de custo benefício público	Ano 0	Ano 1	Ano 2 - 24	Ano 25	Ano 26 - 50
Custos, incentivo privado					
Investimento e custo de manutenção	32	1	1	1	1
Irrigação	-	0,063	0,063	0,063	0,063
Custo fundo público	-	0,62	-	-	-
Benefícios, incentivo privado					
Subsídio	-	31	-	-	-
Economia de energia	-	0,133	0,133	0,133	0,133
Conforto acústico	-	0,287	0,287	0,287	0,287
Troca de telhado evitada	-	-	-	180,30	-
Qualidade do ar	-	0,369	0,369	0,369	0,369
Custo purificação de água	-	0,303	0,303	0,303	0,303
Custo de transporte de água	-	0,10	0,10	0,10	0,10
Resultado	- 32	-0,491	0,129	180,429	0,129

Fonte: A autora, adaptado Claus *et al.* (2010)

Essa análise permite perceber que o telhado verde é viável economicamente, e que sua implantação deve ser estimulada pelo poder público.

Blackhurst *et al.* (2010) busca analisar o custo efetivo do telhado verde, analisando o seu custo juntamente com os benefícios, como a redução de emissão de gases de efeito estufa, as ilhas de calor etc. Obteve-se como resultado, que os

edifícios comerciais e multifamiliares são rentáveis na base social, sendo os benefícios sociais quase igual aos custos. O Autor afirma ainda que os resultados indicam que os telhados verdes são alternativas economicamente viáveis para mitigação de emissão de gases de efeito estufa e redução das águas pluviais nas residências multifamiliares e em quase todas as edificações comerciais, principalmente em regiões com taxas altas de eletricidade. Nas residências unifamiliares, segundo ele, o retorno é ainda mais lento.

O custo do telhado verde varia muito no mundo em função dos incentivos e concorrências em cada região. Phillippi (2006) afirma que o mesmo telhado que custa \$18,50/m² na Alemanha, custa \$ 47,30/m² nos EUA, na Figura 25 podemos verificar a comparação de custo entre as camadas do telhado verde. Para o autor a razão dessa distinção de valores está relacionada à falta de competitividade de fornecedores e materiais.

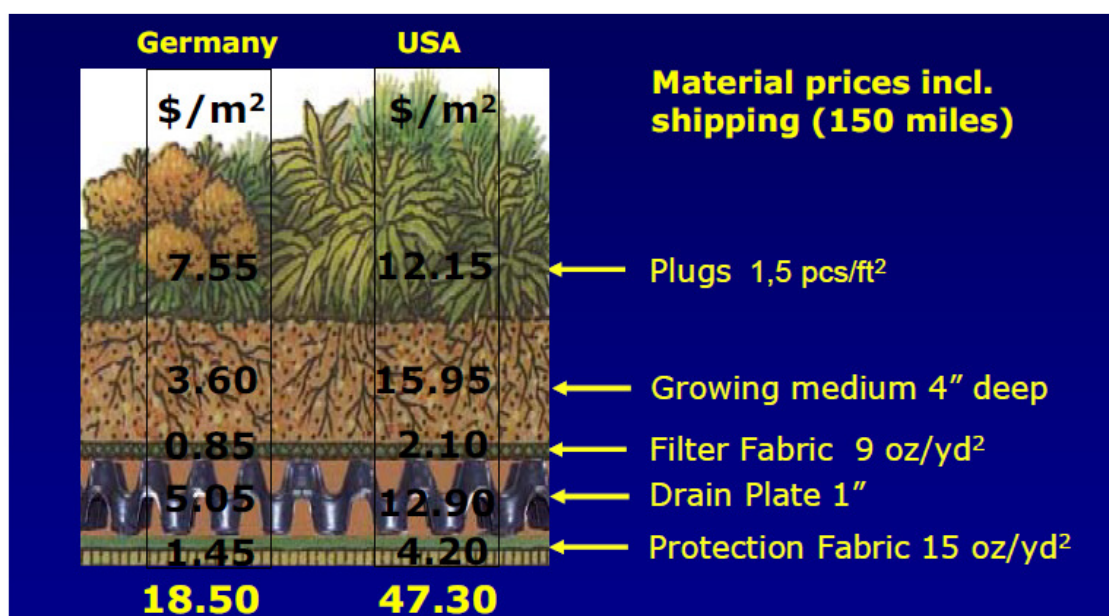


Figura 25. Comparação de custos entre telhados verdes na Alemanha e EUA.
Fonte: Phillippi (2006)

Phillippi (2006) destaca ainda que na Alemanha a preocupação com pesquisas e tecnologia impulsionou a construção em escala desses sistemas, enquanto no EUA cada telhado é uma solução individual, o que deixa o processo mais caro. Desta forma ele ressalta a importância de um padrão de qualidade certificada para a construção de telhados verdes, que garantiriam preço competitivo, qualidade e segurança na aplicação do produto.

No Brasil as soluções são também individuais, o que acarreta em falta de domínio da técnica e dificuldade de difusão da mesma. Fazendo necessário políticas públicas e normatização para a aplicação dos telhados verdes de forma a difundir o mesmo e garantir qualidade e preços competitivos.

Hewage (2011) conclui ainda que os resultados demonstram que há mais vantagens do que desvantagens da construção de telhados verdes, e que seu custo inicial mais alto que os sistemas tradicionais são diluídos ao longo do ciclo de vida da cobertura.

2.7 COMPOSIÇÃO E TÉCNICAS DE TELHADO VERDE

É importante destacar que para o dimensionamento da construção do telhado verde é necessário analisar as cargas sobre o mesmo, quando este encontra-se seco e saturado, calculando o peso da drenagem, substrato e cobertura vegetal. Segundo Minke (2004) um telhado verde com 10cm de espessura pesa aproximadamente 100kg/m².

Para a conformação do telhado são necessárias algumas camadas que lhe garantem sustentação, impermeabilização e eficiência no seu funcionamento. Entretanto existem diferentes formas de estruturar o telhado verde, vamos descrever aqui as camadas conforme destaca Minke (2004): estrutura, impermeabilização, membrana antirraízes, camada de drenagem, substrato e vegetação (Figura 26).

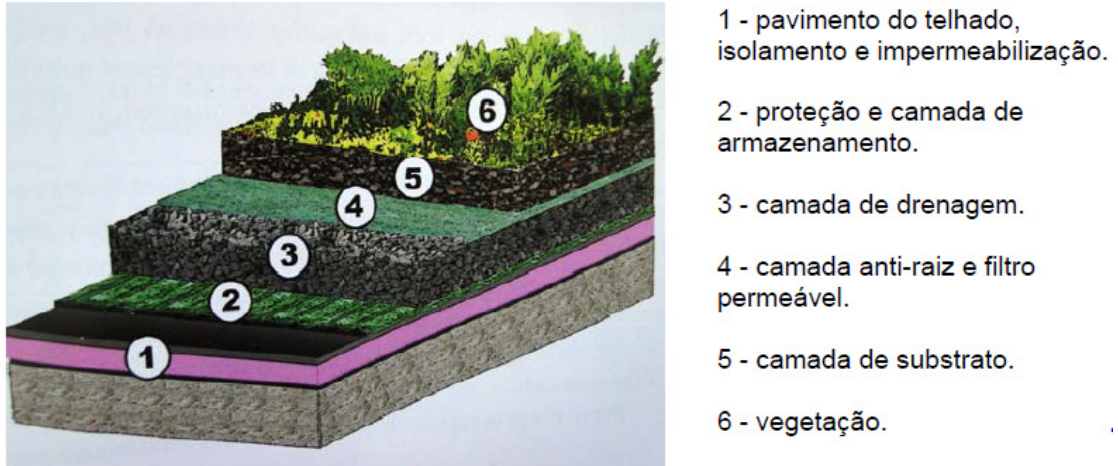


Figura 26. Composição telhado verde.
Fonte: Baldessar (2012)

2.7.1.1 Estrutura

O telhado pode ser estruturado sobre diferentes acabamentos, destacamos alguns deles: laje de concreto, tabuado de madeira, chapas de compensado estruturado, placas cimentícia, telha metálica, Steel Deck (estrutura metálica em composição com camada de concreto), estrutura de madeira e bambu, estrutura do telhado existente, entre outros materiais que tenham resistência compatível ao sistema do telhado verde saturado.

2.7.1.2 Impermeabilização

A impermeabilização da estrutura deverá ser feita de acordo com a necessidade de cada um dos materiais. É importante se atentar a essa etapa, pois a má execução, ou uso de materiais inadequados para esse fim, pode resultar em patologias futuras na edificação.

2.7.1.3 Camada de Drenagem

A camada de drenagem cumpre duas funções no telhado verde, a primeira é encaminhar a água, para que o solo não fique completamente saturado, e outra função é armazenar a água para as vegetações, para que não se faça necessária a rega constate das mesmas, principalmente se tratando de telhado verde extensivo, para garantir esse armazenamento Minke (2004) observa que os melhores materiais a serem utilizados são os mais porosos, como a argila expandida. É importante cobrir a camada de drenagem com uma manta de retenção de substratos, ou mesmo uma manta não tecida, pois elas garantem a terra não irá penetrar no sistema de drenagem tornando ineficiente o sistema.

Com a difusão do uso de telhados verdes, empresas tem se especializado em sistemas modulares, Figura 27, que tem a função de reter água, para que a manutenção dos telhados seja ainda mais esporádica. Nas Figuras 28 e 29 é possível ver a aplicação desses módulos em um telhado verde. Esses módulos são feitos com material reciclado.



Figura 27 Módulo telhado verde e corte do sistema, mostrando a drenagem do mesmo.
Fonte: institutocidadadejardim (2012)



Figura 28 Telhado verde com sistema de módulos de drenagem recém-plantado.
Fonte: flickr (2012)



Figura 29 Telhado verde com sistema de módulos de drenagem, com a cobertura vegetada já desenvolvida.
Fonte: flickr (2012)

2.7.1.4 Membrana antirraízes.

A membrana antirraízes é necessária de forma a garantir a proteção da estrutura, ou seja, tem a função de não deixar que as raízes penetrem na estrutura e prejudiquem a impermeabilização das mesmas. Essa membrana antirraízes não é tecida, desta forma nenhuma raiz consegue penetrar por entre suas fibras, sendo uma trama de alta densidade. É possível utilizar também lonas polietileno (PEAD) de alta densidade para barrar as raízes das vegetações. Essas lonas devem ser as mesmas utilizadas em caminhões. Este material auxilia na proteção contra danos mecânicos.

Segundo Minke (2004) quando a base da membrana de proteção para as raízes é desuniforme/ rugosa, deve-se colocar uma abaixo dessa membrana protetora um feltro ou uma camada de areia, com a função de uniformizar e evitar rasgos na manta.

Essa manta deve ser colocada sobre a camada de drenagem, ou abaixo dos módulos de retenção de água. Alguns fornecedores sugerem ainda a colocação de uma manta de retenção de nutrientes sobre a camada de drenagem para abastecer as plantas.

2.7.1.5 Substrato

O substrato é a camada que fará o suporte da vegetação, essa camada tem a função de suprir de nutrientes e água as plantas. Por isso para a colocação dessa camada, é importante conhecer bem qual a vegetação que será aplicada e quais os nutrientes necessários e o tipo de substrato que melhor se adéqua a vegetação escolhida. Substratos muito ricos em nutrientes podem ser negativos também principalmente em se tratando de telhados extensivos, pois o excesso de nutrientes pode acarretar em um rápido crescimento da vegetação, que não é interessante nesse tipo de cobertura.

Nascimento (2006) afirma que para coberturas extensivas devem ser utilizado substratos orgânicos ou inorgânicos.

Os substratos para telhados verdes diferenciam dos de solo, pois não se compactam com o peso do sistema, garantindo permeabilidade e leveza. Os substratos orgânicos são compostos feitos a partir da matéria vegetal, como resíduos vegetais e agrícolas (casca de pinheiros, fibras de coco, cascas de arroz e resíduos de poda) (Figura 30).

Os substratos inorgânicos e minerais segundo Cantor (2008) são mais adequados para o uso em coberturas verdes, os agregados de argila expandida de xisto ou ardósia; e material vulcânico, como pedra-pomes e perlita destaca (BALDESSAR, 2012).



Figura 30 Diferentes tipos de Substrato
 Fonte: pimentas (2012)

2.7.1.6 Vegetação.

Essa é a última camada do telhado e ela é definida em conjunto com as demais camadas, fatores como tipo, espessura do substrato são essenciais para saber qual o tipo de planta poderá ser selecionada. Segue alguns itens importantes de serem observados para a escolha da vegetação:

- Espessura do substrato
- Inclinação da cobertura
- Exposição ao vento
- Orientação solar
- Sombra por consequência de outras coberturas e obstáculos
- Precipitação local

A escolha das vegetações deve levar em conta ainda alguns outros fatores destaca Minke (2004): Resistência à seca, resistência ao frio, altura de crescimento da vegetação, tipo de substrato etc. Para telhados extensivos é importante optar por vegetações que exijam pouca manutenção, pois o objetivo desse tipo de telhado é substituir os telhados convencionais quanto a manutenção. Desta forma a escolha da vegetação está ligada a região onde será instalado o mesmo, sendo necessário avaliar o clima, a incidência solar, os ventos etc.

2.7.2 Técnicas de telhado verde

A bibliografia apresenta diferentes composições de telhados verdes, dentre os quais descreve-se neste trabalho alguns sistemas.

Minke (2004) destaca alguns das primeiras tecnologias de telhado verde utilizada em “sodhouse” (casas construídas com gramas densas bem enraizadas) nos EUA. Nesse sistema sobre a estrutura de madeira inclinada eram colocados galhos secos, sobre os galhos secos espalha-se pasto, e por cima duas camadas de grama (Figura 31 e 32).



Figura 31. Residência contruída com a técnica de "Sodhouse".
Fonte: wikipédia (2012)

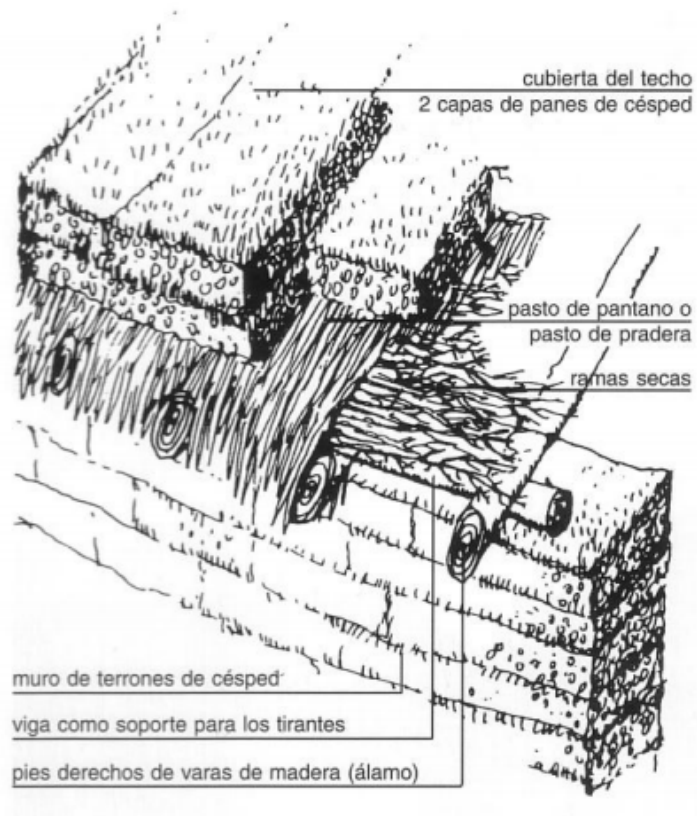


Figura 32. Sistema de telhado verde utilizado em Sodhouse.
Fonte: Minke (2004)

Para regiões de clima mais frio, Minke (2004) sugere além do telhado verde utilizar um sistema de isolamento térmico na estrutura da edificação. Na figura 33 é possível verificar um exemplo de telhado com camada de isolamento térmico, o telhado é composto por: substrato com grama, abaixo um substrato drenante, que pode ser pedaços de cerâmica, argila expandida etc. na sequencia uma membrana de proteção do telhado verde, uma membrana de proteção a raízes, sistema de madeiramento com encaixe macho/fêmea, uma camada de isolamento térmico e por fim um fechamento com um forro em madeira. Na extremidade, sentido da inclinação do telhado é colocado cascalho e uma tubulação perfurada, com a função de drenagem.

É importante ressaltar que a impermeabilização deverá subir pela borda do telhado, e a mesma deverá ser protegida com um sistema de rufo, para garantir maior vida útil ao telhado verde.

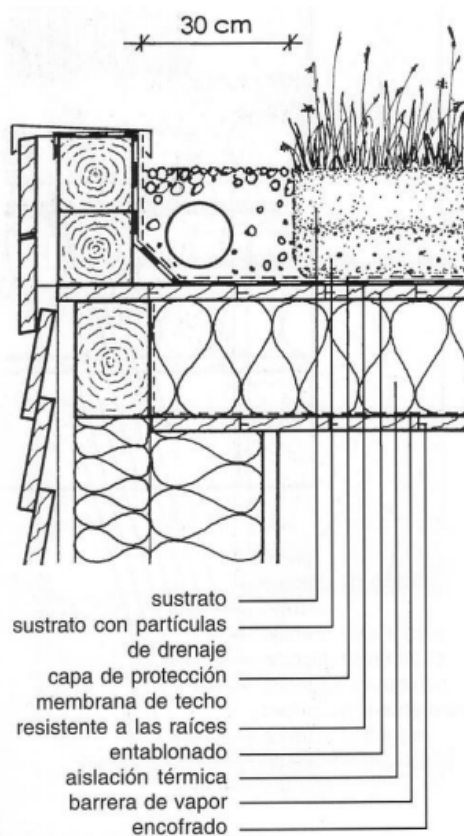


Figura 33. Telhado verde com camada de isolamento térmico.
Fonte: Minke (2004)

Lengen (2004) utiliza um sistema construtivo baseado em permacultura, que prioriza o uso de materiais renováveis e encontrados com facilidade na natureza. Desta forma para a estrutura ele utiliza madeira e bambu, conforme pode-se ver na sequência de figuras abaixo (Figuras 34, 35, 36, 37, 38, 39).

O autor cita a construção de uma estrutura em madeira, com inclinação mínima de 1%. Sobre a estrutura de madeira, coloca-se peças de bambu lado a lado (Figura 34). Nas extremidades coloca-se ainda uma tábua para fazer o arremate, e sobre o bambu, estica-se uma lona para evitar infiltrações (Figura 35). Em seguida, dobra-se a lona sobre a tábua e fixa-a com uma ripa. Utiliza-se um sistema de drenagem através de uma tubulação perfurada e cobre a tubulação com pedra brita (Figura 36). Sobre o sistema colocam-se as placas de grama (Figura 37) (LENGEN, 2004).

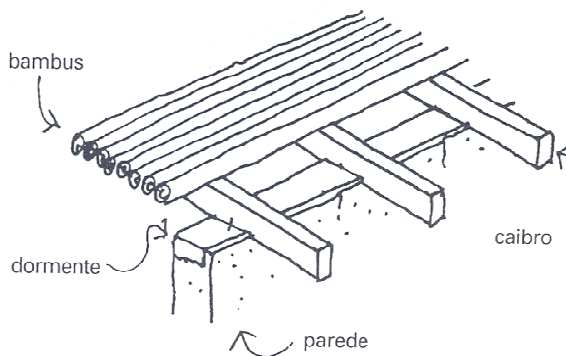


Figura 34. Estrutura de madeira e bambu.
Fonte: Lengen (2004)

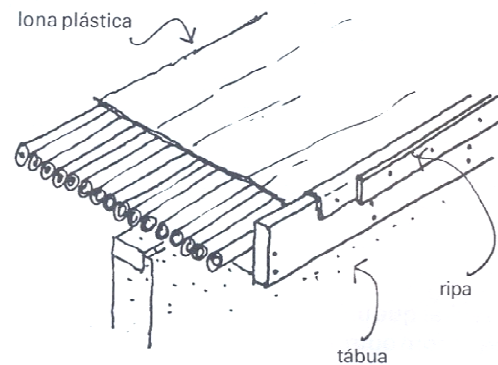


Figura 35. Impermeabilização com lona plástica
Fonte: Lengen (2004)

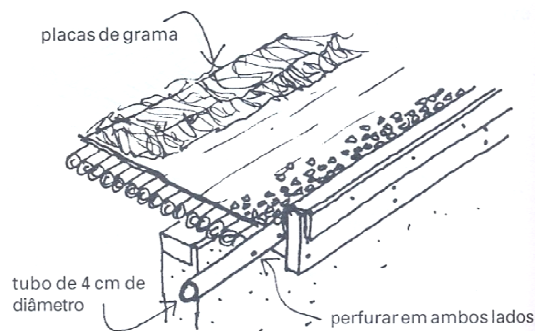


Figura 36. Sistema de drenagem
Fonte: Lengen (2004)

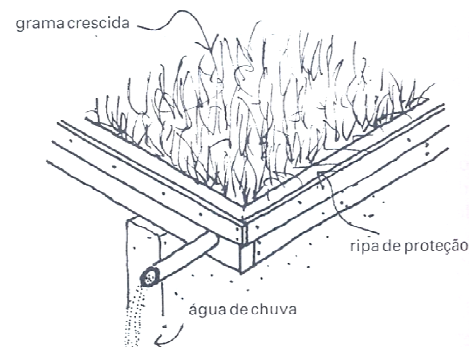


Figura 37. Telhado verde acabado
Fonte: Lengen (2004)

Nas Figuras 38 e 39 é possível verificar dois desenhos com a aplicação do sistema descrito acima, sobre estrutura inclinada, na Figura 39 é feita a composição de telhado verde com sistema de ventilação cruzada, ideal para ser usado em climas tropicais.

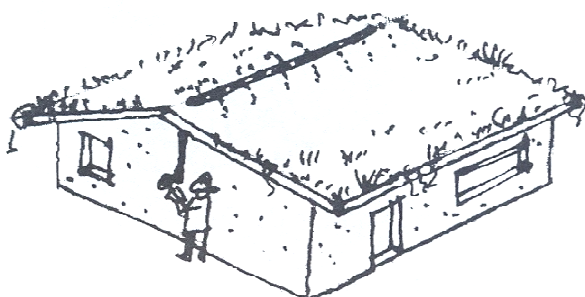


Figura 38. Exemplo de residência com telhado verde em duas águas
Fonte: Lengen (2004)

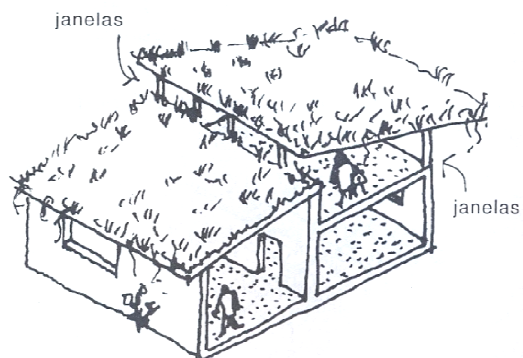


Figura 39. Exemplo de telhado verde indicado para clima tropical. Sistema composto com janelas em ventilação cruzada.

Fonte: Lengen (2004)

Em áreas inclinadas recomenda-se utilizar alguns sistemas construtivos para evitar que o substrato e a vegetação deslize. Lengen (2004) recomenda o uso de tela de galinheiro para fixação da grama ou fixação de bambu ou ripas no sentido oposto a inclinação, conforme Figura 40.

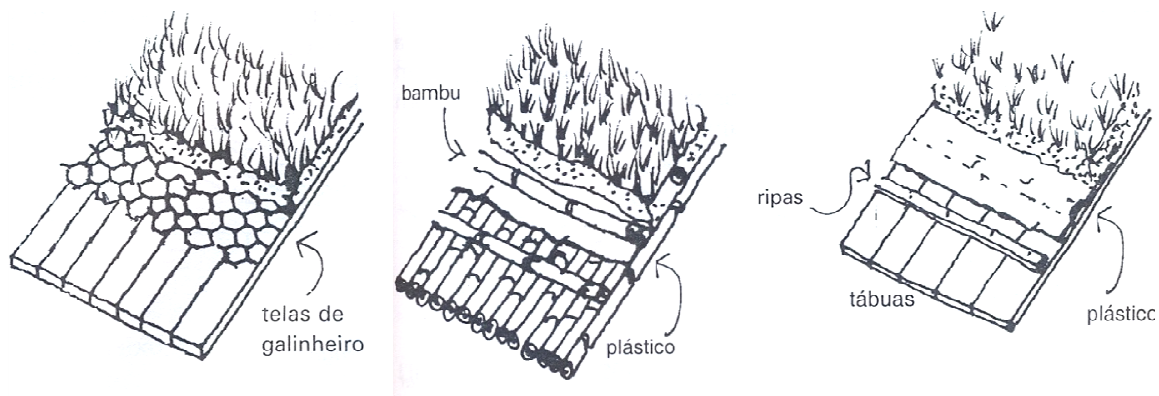


Figura 40. Sistemas auxiliares para telhados inclinados.

Fonte: Lengen (2004)



Figura 41. Protótipo de telhado verde instalado pelo Instituto Tibá
Fonte: tibarose (2012)



Figura 42. Telhado verde utilizando a técnica de uso de bambu.
Fonte: tibarose (2012)

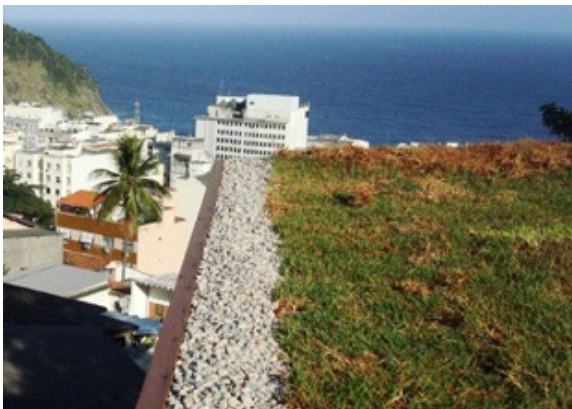


Figura 43. Sistema de drenagem, telhado verde.
Fonte: tibarose (2012)



Figura 44. Montagem do Telhado verde
Fonte: tibarose (2012)

D'Elia (2012) descreve alguns sistemas para aplicação sobre laje de concreto pré-moldada, através de sistemas modulares que algumas empresas comercializam, fornecendo todos os materiais necessários, conforme descrição abaixo, conforme Figuras 45 e 46.



- 01. Membrana antirraízes;
- 02. Membrana alveolar;
- 03. Membrana Filtrante;
- 04. Módulo;
- 05. Substrato leve.

Figura 45 Camadas telhado verde sistema modular com Galocha
Fonte: D'Elia (2012)

Sobre a laje impermeabilizada estende-se a membrana antirraízes com espessura de 200 micras e na sequência aplica-se a membrana alveolar, com a função de drenagem e retenção de água (Figura 47 e 48), em seguida é colocada a membrana de retenção de nutrientes (Figura 49). Os substratos e a vegetação são colocados sobre módulos, que tem a função de evitar a erosão, compactação e aeração (Figura 45). Sobre os módulos é colocado o substrato, e na sequência colocada a gama ou outro tipo de vegetação (Figura 50).

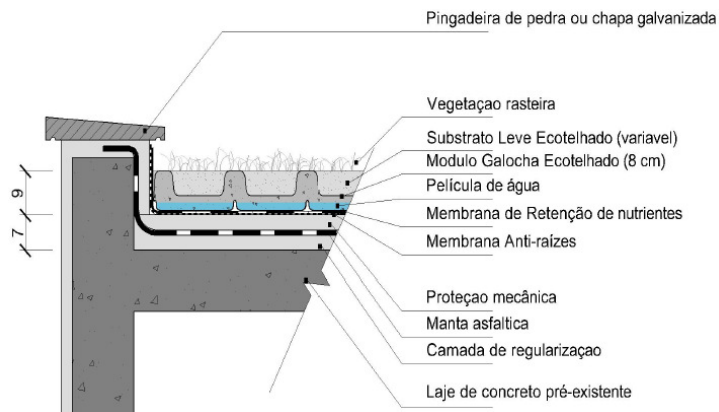


Figura 46 Detalhe Construtivo Sistema Galocha
Fonte: ecotelhado (2012)



Figura 47 Aplicação da Membrana Alveolar
Fonte: D'Elia (2012)



Figura 48 Membrana Alveolar aplicada
Fonte: D'Elia (2012)



Figura 49 Aplicação da Manta de retenção de Nutrientes
Fonte: D'Elia (2012)



Figura 50 Vista do Telhado verde sistema modular pronto.
Fonte: D'Elia (2012)

2.8 TECNOLOGIA DE TELHADO VERDE APLICADA

Alguns autores destacam que o principal fator que eleva o custo dos telhados verdes, quando comparado com alguns sistemas tradicionais de cobertura, é o peso do sistema que aumenta a carga sobre as estruturas, em alguns casos sendo necessário reforço da mesma.

Encontrou-se na bibliografia ainda sistemas muito artesanais para a fabricação dessas coberturas, e deparou-se com relatos de problemas ocasionados pela falta de conhecimento técnico e problemas de execução dos mesmos. A partir desses relatos e dessa demanda, propõe-se um sistema que alie tecnologia, facilidade na instalação e garantia do produto.

Desta forma buscou-se uma técnica construtiva que reduzisse o peso da estrutura de suporte do telhado verde e fosse composto de materiais renováveis de baixo impacto ambiental, além de um sistema que reduzisse o uso de concreto.

Para isso é necessário duas coisas, reduzir o peso, para aliviar as estruturas, e eliminar o uso de lajes.

Roaf (2006) destaca o aço e o concreto como dois materiais com alto índice de energia incorporada. Tavares (2011), demonstra que, em uma residência típica brasileira, com área aproximada de 60m², com sistema tradicional de construção (alvenaria, coberta com laje pré moldada de lajotas de cerâmica, telha de fibrocimento em estrutura de madeira) a cobertura representa 25% do consumo energético da edificação. Sendo que a soma do consumo energético do aço e do concreto utilizado em toda a edificação chega a 52,64% do consumo total.

Cole (1997) demonstra através de dois gráficos a energia incorporada e a emissão de gases de CO₂ em três distintos sistemas construtivos: estrutura metálica, em madeira e concreto. Pode-se perceber que a energia incorporada dos sistemas de concreto é muito superior aos demais sistemas comparados.

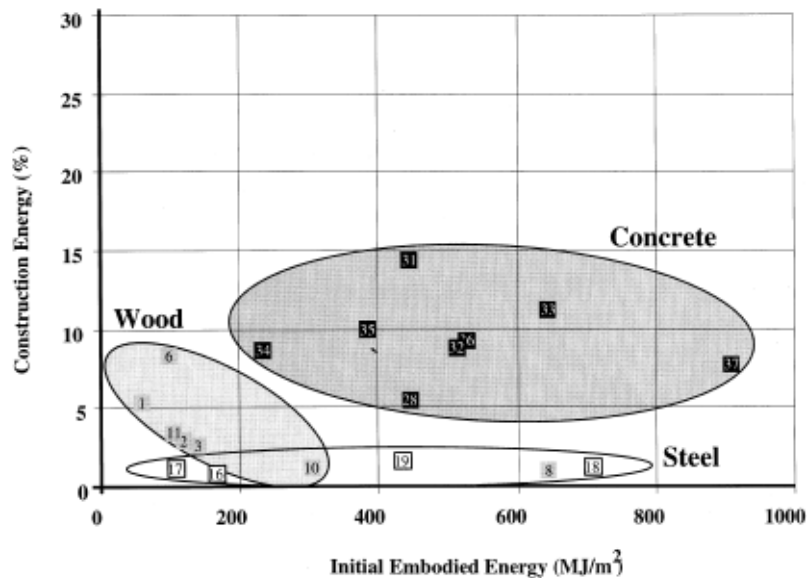


Figura 51 Energia construção/ Energia incorporada
Fonte: Cole (1997)

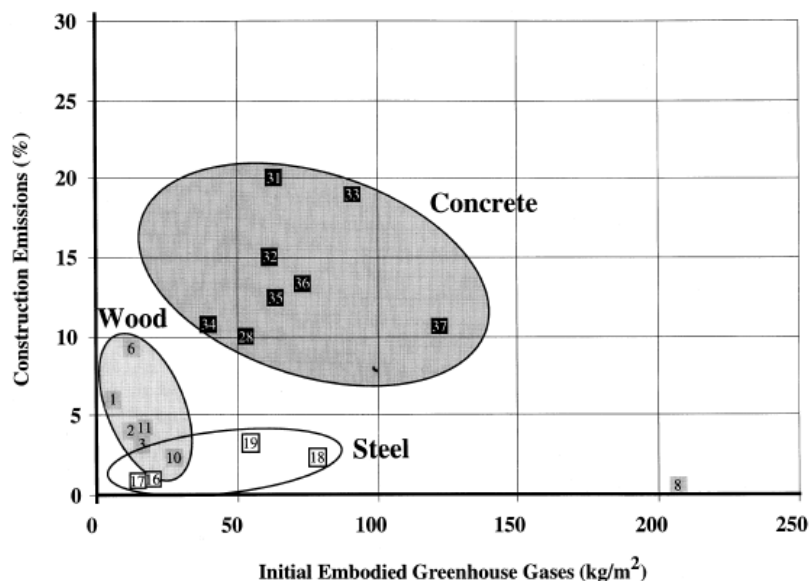


Figura 52 Emissões construção/ Gases efeito estufa incorporados
Fonte: Cole (1997)

Por isso destaca-se a importância de utilizar um sistema de cobertura que reduza/ elimine o uso de concreto.

2.8.1 Descrição do Sistema

Diante dessa proposta optou-se por um sistema estrutural com uso de Madeira. Roaf (2006) discorre sobre o uso da madeira nas edificações, e destaca como os principais atributos dessa material a capacidade de redução na quantidade de CO₂ na atmosfera. Entretanto a autora destaca ainda que deve-se observar de onde vem a madeira, devido a emissão de CO₂ do transporte desse material, e se a mesma é certificada.

Esse sistema foi aplicado em uma residência localizada na cidade de Curitiba. Em um sobrado existente foi proposta a ampliação do mesmo, para adequar a demanda dos proprietários. A área ampliada da residência ganhou uma cobertura verde que funciona ainda como extensão da sacada de um dos quartos.

2.8.2 Estrutura

Sobre a estrutura da edificação foram dispostas vigas de madeira maciça, com seção de 2x8" (Figura 53) dispostas a cada 40cm aproximadamente. Essa

disposição foi prevista para cumprir a função além de estrutural do telhado verde, como pergolado na área sem cobertura.



Figura 53 Viga em madeira maciça.
Fonte: flavinse (2012)

Sobre as estrutura de madeira foram analisadas duas opções de fechamento: chapa de OSB estrutural de 18mm de espessura, dimensões 120x240cm e chapa de compensando estrutural autoclavado, espessura 17mm, dimensões 122x244cm. Como a intenção é viabilizar a estrutura em custo similar ao telhado convencional optou-se pelo uso do compensando estrutural, pois seu custo é inferior ao preço do OSB estrutural.

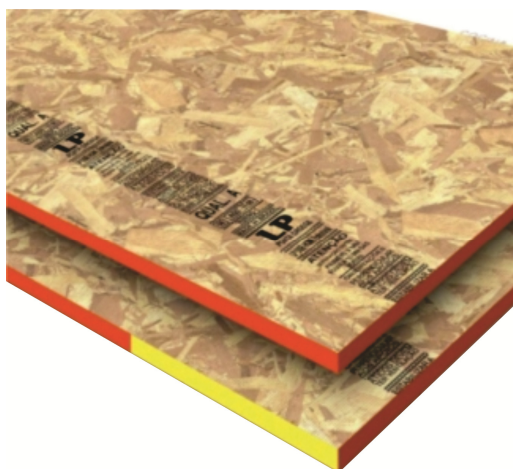


Figura 54. Chapa OSB Estrutural
Fonte: lpbrasil (2012)



Figura 55. Chapa Compensado estrutural
Fonte: palmsola (2012)

As chapas do compensado são coladas com cola do tipo fenólica, e as chapas são tratadas com Osmopressurização contra o ataque de insetos xilófagos e fungos apodrecedores. O tratamento é feito com produto CCA sobre vácuo pressão em auto clave. Tem peso de 23 kg por chapa aproximadamente e custo de aproximadamente R\$50,00 a placa.

As chapas foram dispostas sobre as vigas de forma que os encontros entre as chapas ficassem sempre sobre as vigas para dar estabilidade ao sistema. Sobre as chapas, como impermeabilização, foi utilizada a manta asfáltica, elaborada à base de asfaltos modificados armados com estruturante de Polietileno de alta densidade (PEAD) (Figura 56 e 57). Sobre a impermeabilização, foi executado contrapiso a base de cimento para dar o caimento necessário para o escoamento das águas e proteger mecanicamente a estrutura (Figura 58 e 59). Foram deixados dois ralos na estrutura para escoamento da água pluvial, os quais foram devidamente impermeabilizados.



Figura 56. Impermeabilização
Fonte: A autora (2012)



Figura 57. Impermeabilização
Fonte: A autora (2012)



Figura 58. Contrapiso
Fonte: A autora (2012)



Figura 59. Contrapiso
Fonte: A autora (2012)

Para impermeabilização, é possível substituir a manta asfáltica por outro material renovável com menor impacto ambiental, que não provoca prejuízos ao meio ambiente ou à saúde de quem a manipula ou de quem a utiliza na fase de ocupação, como é o caso de impermeabilizante de óleo vegetal (resina poliuretana PU) de mamona (*Ricinus Communis*). Utilizada em protótipos de telhado verde pela Universidade de Engenharia de São Carlos, conforme descreve Vechhia (2005).

Para aplicação de resina vegetal, no estudo feito na USP, aplicou-se uma pasta de cimento com látex sobre a laje de concreto pré moldada, essa camada tem a função de aumentar a aderência da resina vegetal impermeabilizante. E sobre essa camada aplica-se o impermeabilizante vegetal (*Ricinus Comminis*) que tem como objetivo barrar a penetração da água pelos poros do cimento, protegendo a estrutura do mesmo (VECHHIA, 2005).

Para acabamento nas laterais foram utilizadas placas cimentícias sem amianto, com 6mm de espessura e dimensão de 200x120cm. Optou-se por esse acabamento ao invés de perfis de madeira devido a durabilidade do material quando exposto ao tempo. Tendo em vista que a intenção é criar uma cobertura com o mínimo de manutenção possível.

2.8.3 Composição Telhado Verde

Para a composição do telhado verde foi utilizado um sistema de módulos de retenção de água, conforme pode ser verificado na Figura 60 e 62, para garantir abastecimento de água constante para a vegetação, e evitar a necessidade de rega nas plantas em questão. Esse sistema garante ainda leveza no sistema, pois segundo o fabricante o produto saturado pesa 61 kg/m². Na Figura 61 é possível verificar o armazenamento de água do sistema.



Figura 60. Sistemas de módulos para telhado verde.
Fonte: Ecotelhado (2012)



Figura 61. Sistema de retenção de água.
Fonte: Ecotelhado (2012)

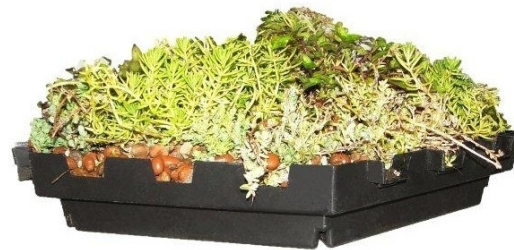


Figura 62. Módulo de telhado verde
Fonte: Ecotelhado

Sobre o contrapiso foi aplicado membrana de polietileno de alta densidade, com a função de barrar a penetração das raízes no contrapiso, para que não danifiquem o sistema de impermeabilização (Figura 63 e 64).



Figura 63. Instalação de lona antirraízes
Fonte: A autora (2012)

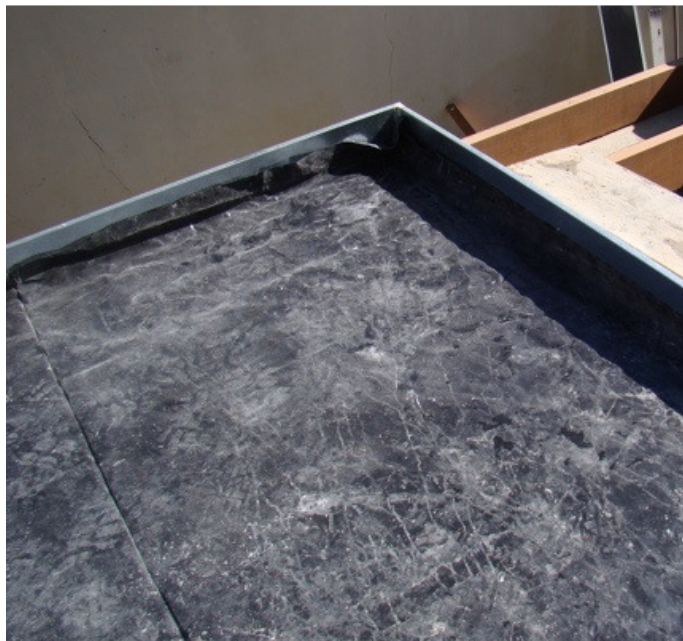


Figura 64. Lona antirraízes instalada
Fonte: A autora (2012)

Sobre a lona foram dispostos os módulos, com a função de uma propiciar drenagem controlada e retenção de água para abastecimento das raízes das vegetações, além de ter a função de suporte para o substrato e vegetação. O módulo possui ainda uma grelha, para dar suporte ao substrato orgânico, e o mesmo não penetrar o espaço de drenagem. Os módulos possuem sistema de encaixe gerando uma malha uniforme, e permitem a circulação sobre o mesmo quando vegetado.



Figura 65. Instalação dos módulos para telhado verde
Fonte: A autora (2012)



Figura 66. Instalação dos módulos para telhado verde
Fonte: A autora (2012)

Para os acabamentos laterais foi necessário recortar o módulo ao meio conforme Figura 67, 68 e 69. Nas extremidades que não foram preenchidas com os módulos, utilizou-se argila expandida para o preenchimento e para garantir a drenagem.



Figura 67 Corte do Módulo hexa para aplicação nos cantos.
Fonte: Ecotelhado (2012)



Figura 68. Detalhe dos módulos cortados e instalados.

Fonte: A autora (2012)



Figura 69. Detalhe dos módulos cortados e instalados.

Fonte: A autora (2012)

Os módulos são compostos de 95% de material reciclado, e são 100% recicláveis, tem a capacidade de retenção de água de 25 l/m² e possui área de 0,1624m², sendo necessárias 6,16 peças por m² de cobertura.

Sobre os módulos foi necessário colocar a manta de retenção de nutriente, conforme Figuras 70 e 71, cuja composição é de não tecido reciclado e poliéster, tendo uma espessura de 5mm e largura de 200cm, fornecida em rolo ou do tamanho do módulo. Para o projeto em questão foi utilizado em rolo. Essa manta tem a função de reter água e nutrientes para suprir a demanda da vegetação, evitando o comprometimento das raízes pelo aquecimento.



Figura 70. Instalação de manta de retenção de nutrientes.
Fonte: A autora (2012)



Figura 71. Instalação manta de retenção de nutrientes.
Fonte: A autora (2012)

O substrato também foi adquirido através da empresa, tendo a composição de materiais orgânicos e sintéticos oriundo da indústria de reciclagem. Esse substrato caracteriza-se por sua leveza e nutrição, proporcionando baixa carga na base da cobertura e grande poder de retenção de água e nutrientes (Figura 72 e 73).



Figura 72. Colocação do Substrato sobre manta de retenção de nutrientes
Fonte: A autora (2012)



Figura 73. Colocação do Substrato sobre manta de retenção de nutrientes
Fonte: A Autora (2012)

Por fim foram utilizadas algumas vegetações de porte baixo (Figura 74, 75) com a intenção de reduzir a manutenção do mesmo. Foram utilizados três tipos de vegetação: Cacto Margarida (*Lampranthus productus*), Alegria dos Jardins (*Salvia splendens*) e Hera Variegata (*Hedera helix "variegata"*).



Figura 74. Colocação de vegetação sobre substrato
Fonte: A autora (2012)



Figura 75. Colocação de casca de árvore para proteção do substrato.
Fonte: A autora (2012)

O Cacto Margarida (Figura 76) cresce de 10 a 30 cm de altura é uma suculenta rasteira e muito florífera, com florações na primavera e verão, ideal para ser usado como forração, deve ser utilizada em áreas com grande incidência solar. O solo deve ser leve fértil e com boa drenagem, característica do sistema adotado. (PATRO, 2012)

O custo do Cacto Margarida é de R\$12,00 a caixa, contendo 12 unidades, foi utilizado nesse caso 6 caixas, aproximadamente duas caixa por m² (Figura 77).



Figura 76 Cacto Margarida (*Lampranthus productus*)
Fonte: jardineiro (2012)

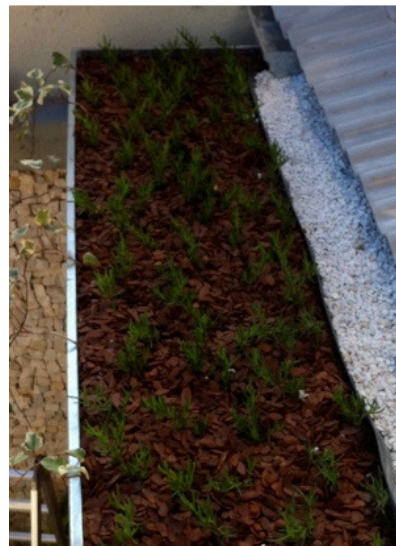


Figura 77 Cacto Margarida aplicação telhado verde
Fonte: A autora (2012)

A Alegria dos Jardins, também conhecida como Sálvia (Figura 78), tem crescimento variado dependendo do tipo escolhido, para a aplicação no telhado foi selecionado com crescimento de 10 a 30cm de altura. Devido a sua coloração vermelha e atrai beija-flores e borboletas. Essa vegetação exige maior manutenção que o Cacto Margarida, sendo necessário a rega em temporadas de pouca chuva. Em épocas de seca, ou durante o inverno ela pode murchar, entretanto voltando a regar ela estabiliza novamente, não sendo necessário trocar a vegetação, a escolha se deu devido a sua coloração e sua resistência a baixas temperaturas (PATRO, 2012).

Foi necessário o uso de 6 caixas dessa vegetação, com custo de R\$12,00 por caixa (Figura 79).



Figura 78 Alegria dos Jardins (*Salvia splendens*)
Fonte: jardineiro (2012)



Figura 79 Alegria dos Jardins aplicação telhado verde
Fonte: A autora (2012)

E por fim nas extremidades junto ao telhado verde, foram plantadas algumas Heras (Figura 80) com a função de caírem sobre o telhado o pergolado. A Hera é uma trepadeira, que também pode ser utilizada como forração. Essa espécie se caracteriza por ser um pendente, com efeito muito interessante. Deve ser cultivada a pleno sol ou meia sombra. Como essa vegetação foi aplicada apenas nas extremidades utilizou-se apenas de uma caixa da mesma, que possui o custo também de R\$12,00 (Figura 81).



Figura 80 Hera Variegata (*Hedera helix* "variegata")
Fonte: guiaverde (2012)



Figura 81 Hera Variegata aplicação telhado verde
Fonte: A autora (2012)

A seguir imagens do telhado verde 45 dias depois da plantação das vegetações descritas acima (Figura 82 e 83). As vegetações plantadas se mostraram bem adaptadas ao sistema de telhado verde, poucas mudas não sobreviveram, nas fotos a seguir é possível perceber a floração da Alegria dos Jardins, e como a Cacto Margarida já criou um tapete, criando uma forração no piso. A hera também cresceu, mas duas das mudas secaram, e tiveram que ser trocadas.



Figura 82. Vista telhado verde com 45 dias
Fonte: A Autora (2012)



Figura 83. Vista telhado verde com 45 dias
Fonte: A Autora (2012)

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Essa pesquisa objetiva analisar e comparar o custo de sistemas tradicionais de cobertura utilizada no Brasil, com sistemas de telhado verde. Em busca de reduzir a carga e o custo desses sistemas, usa como bases para telhado verde além do sistema usual com laje de concreto armado, o sistema descrito no item 2.8 com estrutura de madeira e chapa de compensado.

Desta forma iniciou-se discorrendo sobre o uso de telhados no Brasil, e a cultura do uso de telhas cerâmicas, na sequência abordam-se alguns conceitos de sustentabilidade, e a importância da aplicação da mesma na construção civil. Em seguida é feita uma análise da história e uso dos telhados verdes no Brasil e no mundo, e caracterizam-se os benefícios do telhado verde para o meio ambiente e para a saúde humana. Ressaltam-se alguns estudos comparativos quanto ao custo de telhados verdes. Abordam-se alguns exemplos de técnicas construtivas de telhado verde. E finaliza-se descrevendo um novo experimento construtivo de telhado verde, moldado pela autora em uma residência na cidade de Curitiba. Seu relato foi feito através do acompanhamento de todas as etapas construtivas e apresentando através de fotografias e descrições das técnicas empregadas.

Na sequência apresenta-se o método utilizado para o levantamento de dados dos sistemas a serem comparados, e como foram feitas as análises entre os valores obtidos.

Utilizando uma residência de base para a quantificação de materiais, detalham-se os materiais e etapas de cada um dos sistemas, e apresenta a composição de custos e peso dos sistemas tanto do conjunto quanto por m².

Assim, foram elaborados gráficos, quadros e Tabelas, como forma de sistematizar os resultados obtidos e enfim, chegar às considerações finais sobre a análise de custo e peso de sistemas de cobertura.

3.1 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

3.1.1 Detalhamento das Técnicas construtivas

Para a elaboração da análise comparativa dos sistemas de cobertura, foi inicialmente definido os sistemas que seriam adotados, e para tal utilizou-se de base a revisão bibliográfica que mostrou a tradição do Brasil em utilizar residências com telhas cerâmicas e laje pré-moldada. Foram definidos três sistemas para coberturas convencionais. Para os telhados verdes utilizou-se como referência o sistema construtivo descrito acima, com três camadas distintas de telhado verde, e por fim um telhado verde aplicado sobre laje de concreto armado.

Definido os sistemas a serem empregados esses foram aplicados em um padrão de residência, compatível com uma residência tradicional, composta por dois quartos, banheiro, sala e cozinha integradas. Com esse referencial elaborou-se o projeto para cada uma das coberturas, levantando todo o quantitativo de material necessário para cada um dos sistemas.

3.1.2 Análise comparativa

Com o detalhamento dos sistemas e o levantamento quantitativo dos mesmos, iniciou a composição de custos. Foi utilizado como base para levantamento dos custos a tabelas de serviços e de insumos SEIL/DER, estabelecida através da resolução 005/2012 de JULHO 2012 (Vigência a partir de 01/09/2012). Essa planilha é utilizada para composição de custos pelo Governo do Estado do Paraná, compondo preço para licitações, pregões de alguns órgãos do estado.

A escolha dessa tabela se deu por ela englobar todos os serviços envolvidos para a construção dos sistemas tradicionais de cobertura, descrevendo ainda a composição de mão de obra e materiais. Os materiais não descritos na tabela, relacionados aos materiais específicos do telhado verde, tiveram os custos levantados junto às empresas fornecedoras dos produtos.

Primeiramente levantou-se o custo de cada um dos materiais, por metragem quadrada, cúbica ou linear dependendo do serviço, sendo esse valor decomposto

em Material e Mão de obra. Na sequência, com essa mesma unidade de medida foram feitos os levantamentos quantitativos em cada um dos projetos, para então chegar à composição do valor total da cobertura, e por fim o custo do m² de cada um dos sistemas.

Para tal foi montado uma tabela com o resumo da composição de custos de cada um dos sistemas, conforme modelo abaixo (Tabela 4). A primeira coluna corresponde ao valor total de material para a construção de todo sistema, na segunda coluna é o custo de mão de obra. Na terceira coluna tem-se a composição de custos, e por fim na quarta coluna o custo por m² para cada um dos sistemas.

Tabela 4. Modelo tabela de custo

Tabela XX Custo Nome do Sistema			
Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²

Fonte: A Autora (2012)

Em seguida foram levantados os pesos da estrutura, conforme informações retiradas da NBR 6120/80 (Carga para Cálculo de estrutura de edificações), os dados não abordados na NBR foram utilizados informações de embalagem e dados dos fornecedores. Para tal foi elaborada a Tabela 5, na qual se destaca na primeira coluna o peso total do sistema, e na segunda o peso por m².

Tabela 5 Modelo de tabela de peso

Tabela XX Peso Nome do Sistema	
Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)

Fonte: A Autora (2012)

3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados foi feita através de uma comparação direta entre os dados levantados de cada uma das tabelas. Primeiramente foi elaborada uma análise do custo de cada uma das coberturas por m² e proporção, apresentada em forma de tabela, e gráfico. Através da tabela pode-se verificar a variação de custos entre os sistemas, e a proporção dessa diferença, a Tabela 06 mostra o modelo aplicado. Ainda para análise foi utilizado um gráfico com os valores, conforme Gráfico 05, tendo a função de mostrar essa comparação direta entre os sistemas. Essa proporção foi feita comparando o telhado com menor custo com os demais.

Foi considerado apenas o custo da cobertura dos sistemas, sem analisar o impacto e o custo do restante da residência.

Tabela 6. Modelo de Tabela de Análise de dados

SISTEMAS		Custo/m ²	Proporção
Sistema XX	Descrição do sistema		

Tabela XX. Custo Sistemas de Cobertura

Fonte: A Autora (2012)

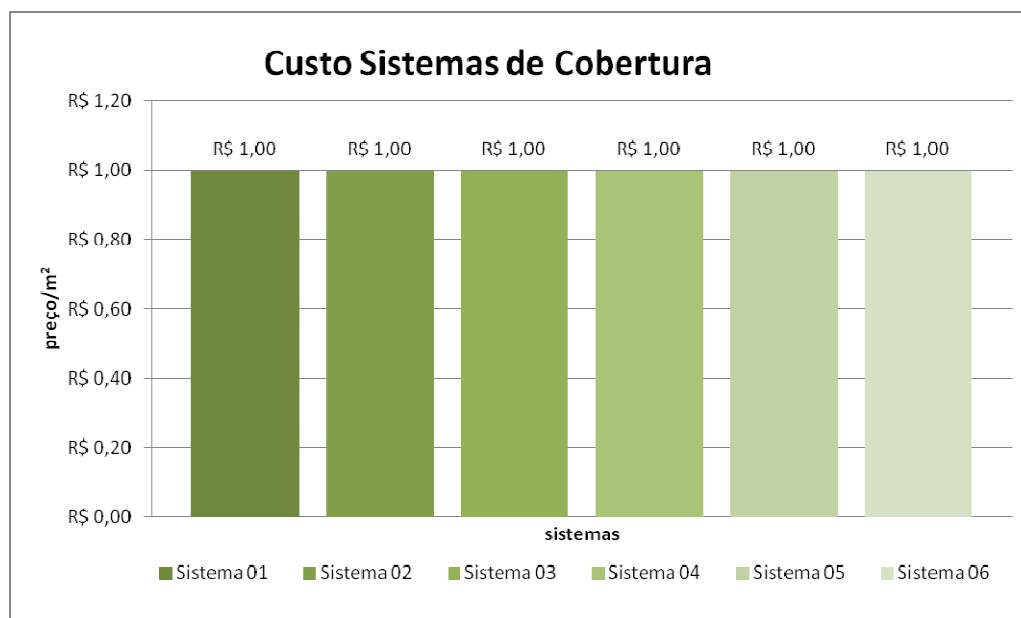


Gráfico 5. Modelo de Gráfico de Análise de dados
Fonte: A Autora (2012)

A comparação de pesos entre os sistemas aconteceu de forma similar a de custos, através da apresentação e comparação de dados de forma direta, enfatizando o peso por m² e a proporção entre os dados dos diferentes sistemas (Tabela 7 e Gráfico 6). Essa proporção foi feita comparando o menor peso dos telhados com os demais sistemas.

Tabela 7. Modelo de tabela de análise de pesos

Tabela XX. Peso Sistemas de Cobertura			
SISTEMAS		Peso/m²	Proporção
Sistema XX	Descrição do sistema		

Fonte: A Autora (2012)

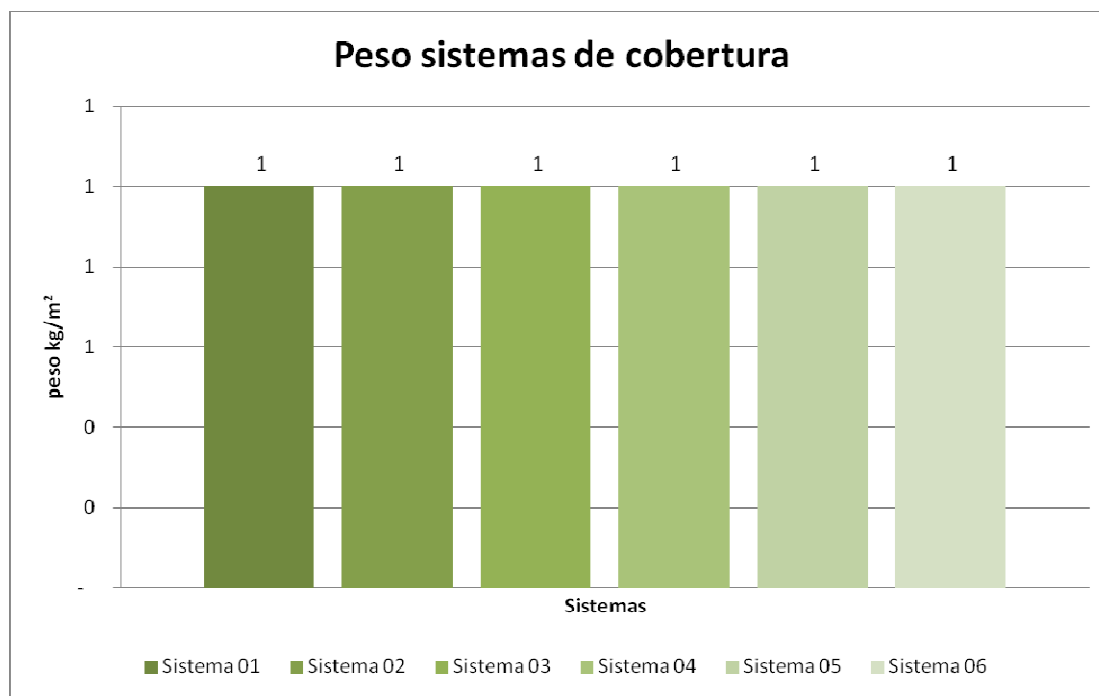


Gráfico 6. Modelo de Gráfico de Análise de dados
Fonte: A Autora (2012)

Por fim foi elaborado um gráfico de análise de custo e peso dos sistemas, conforme Gráfico 7.

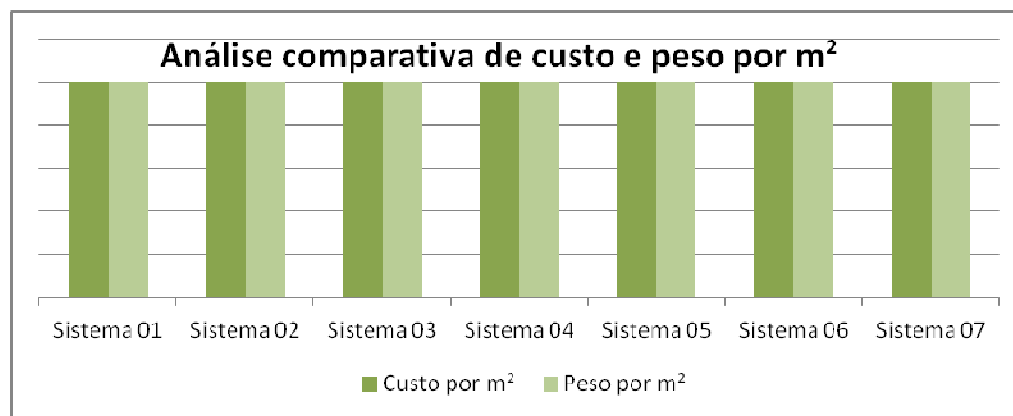


Gráfico 7 Modelo de gráfico comparativo custo e peso por sistema
Fonte: A Autora (2012)

4 RESULTADO DA ANÁLISE DOS SISTEMAS DE COBERTURA

Nesta etapa serão descritos os sistemas de cobertura que serão utilizados para apresentar a análise comparativa de custos e pesos entre os sistemas.

Foram analisados três sistemas distintos de cobertura: Laje com cobertura em telha cerâmica, laje com sombreamento em argila expandida e cobertura em estrutura de madeira com telha cerâmica e acabamento em forro de madeira. Além desses três sistemas foram utilizados outros quatro sistemas de cobertura verde. Os dois primeiros sistemas modulares disponíveis no mercado, e por fim um sistema moldado *in loco*, denominado vernacular, todos sobre base de estrutura em madeira, e por fim um telhado verde sobre laje impermeabilizada.

4.1 LAJE COM COBERTURA EM TELHA CERÂMICA

O primeiro sistema analisado é composto de laje pré-moldada com lajota de cerâmica com espessura de 8 cm, sobre a laje pré moldada despeja-se uma camada de concreto de 4 cm e Fck de 20MPA. A área de cobertura é de 57,60m², computando os beirais de 60 cm. Sobre a laje, estrutura de madeira serrada não aparelhada de primeira qualidade, dimensionada para suportar telhas cerâmicas com vão de 7 a 10 metros. Como valor de referência foi utilizado telha cerâmica do tipo romana.

Sobre a laje nas laterais, foram projetados os oitões construídos com: ½ vez de tijolo de dimensão 10x15x20cm, chapiscado e rebocado pelo lado exterior, e tijolo aparente pelo lado interno. Foi ainda considerado para composição de custos o uso de calhas e rufos, chapisco, reboco, emboço e pintura da laje (Figuras 84, 85, 86, 87).

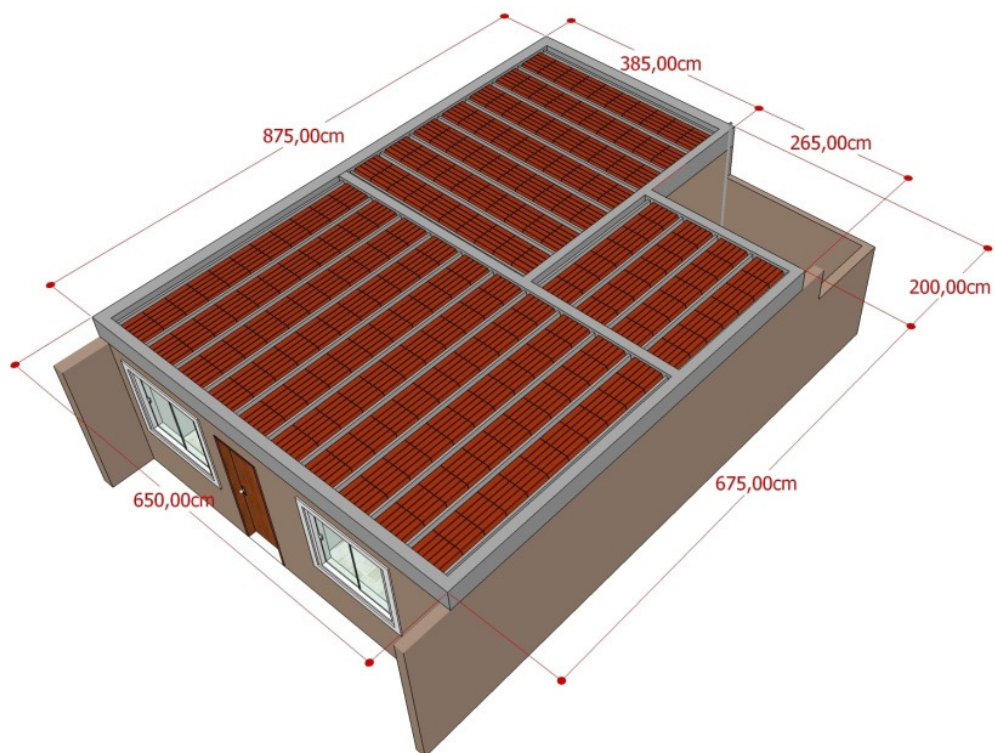
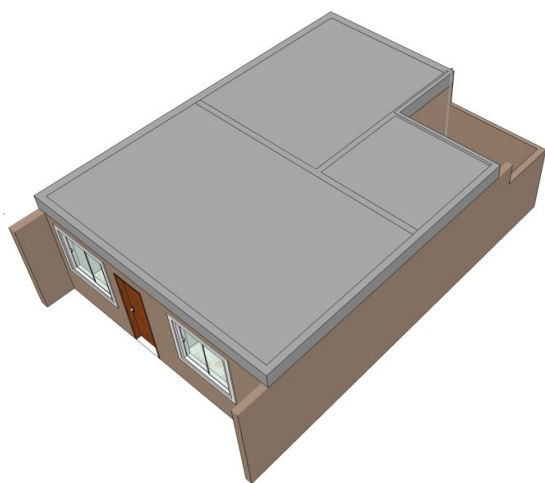


Figura 84. Laje de concreto pré-moldado com lajota cerâmica.
Fonte: A autora (2012)



**Figura 85 Laje de concreto pré moldada -
capa de concreto de 4cm.**
Fonte: A autora (2012)

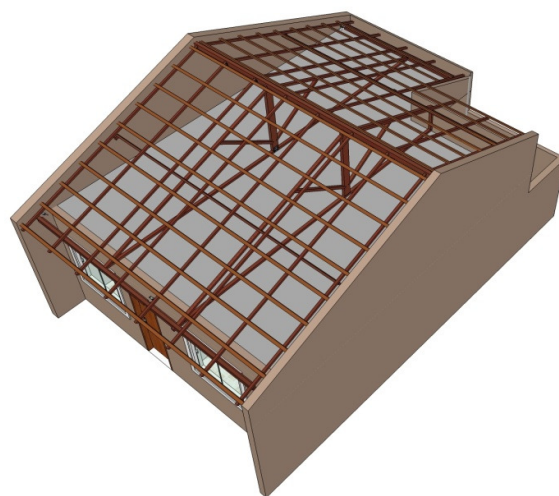


Figura 86 Estrutura do telhado em madeira
Fonte: A autora (2012)

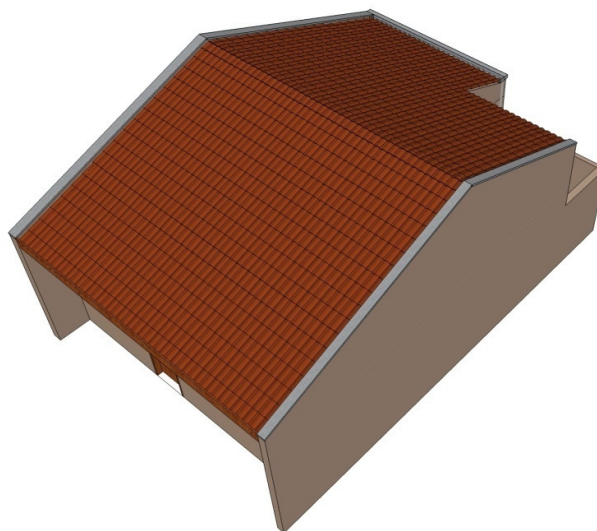


Figura 87 Cobertura em telha cerâmica tipo romana.
Fonte: A autora (2012)

Na Tabela 8 é possível verificar o custo para a construção do sistema com as características descritas acima, destaca-se também na Tabela 9 o peso da estrutura completa, e o peso por m².

Tabela 8 Custo Laje pré-moldada com telha cerâmica

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²
R\$ 6.632,94	R\$ 7.721,01	R\$ 14.353,95	R\$ 249,55

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 9 Peso Laje pré-moldada com telha cerâmica

Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)
22.396,60	389,37

Fonte: A Autora (2012)

4.2 LAJE PRÉ-MOLDADA COM SOMBREAMENTO

O sistema descrito abaixo é composto por laje pré-moldada, com lajota de cerâmica e espessura de 8 cm, e uma camada de concreto de 4 cm com Fck de 20MPa, totalizando uma área de 57,60 m², com beirais de 60 cm. Nas laterais, platibanda com altura de 100 cm, construída ½ vez de tijolo de dimensão 10x15x20cm, chapiscado e rebocado em todas as faces aparentes, com rufo em toda a sua extensão (Figura 88 e 89).

Para impermeabilização da laje foi considerado o uso de manta asfáltica espessura 3 mm protegida com film e de alumínio gofrado espessura 0,8mm (Figura 90). Sobre a impermeabilização com a função de proteger a laje, conforme Figura 91 utiliza-se uma camada com espessura de 5 cm de argila expandida com diâmetro de 20 a 30 mm (tipo 3222).

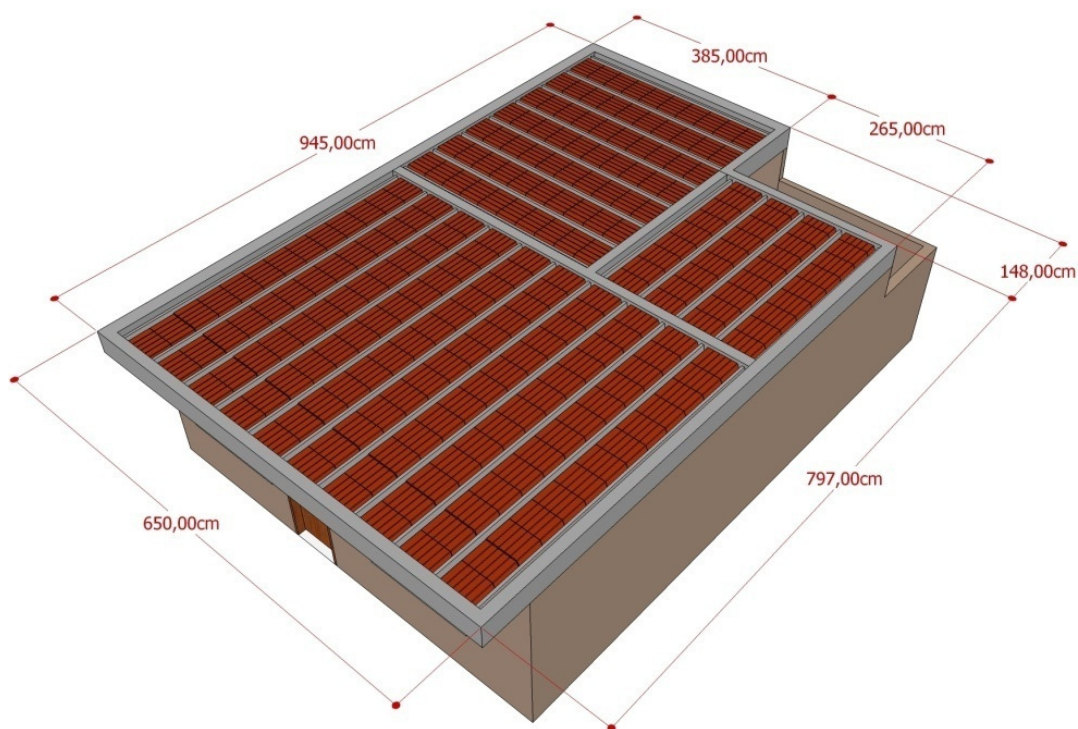
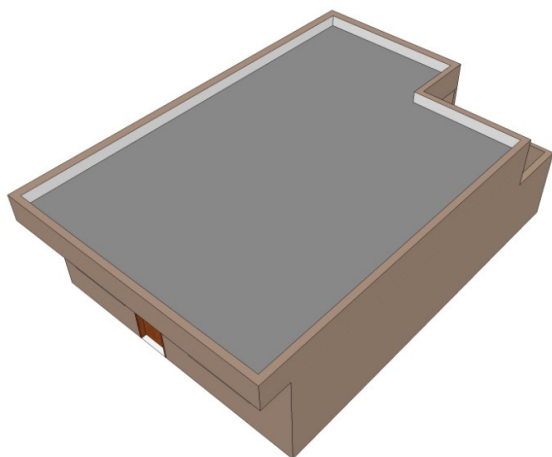
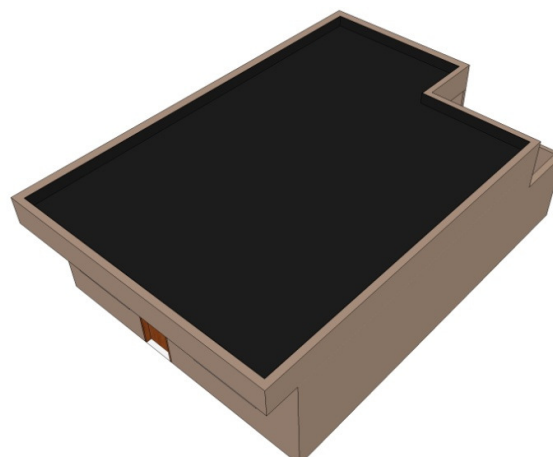


Figura 88. Laje de concreto pré-moldada com lajota cerâmica.
Fonte: A Autora (2012)



**Figura 89. Laje em concreto pré moldado -
capa de concreto 4 cm**
Fonte: A Autora (2012)



**Figura 90. Impermeabilização com Manta
asfáltica.**
Fonte: A Autora (2012)

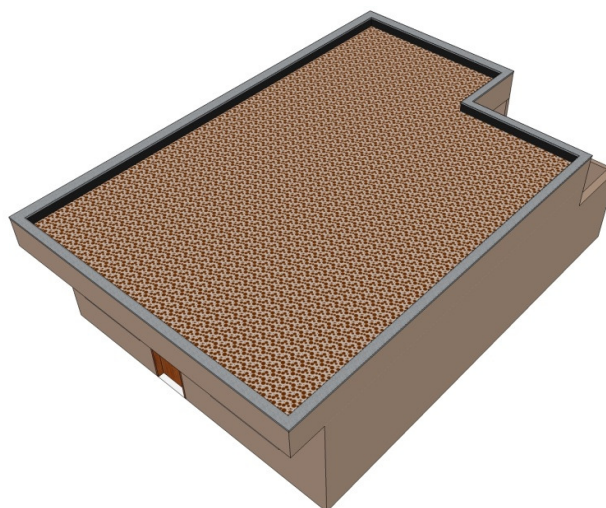


Figura 91. Sombreamento da laje com argila expandida
Fonte: A Autora (2012)

Na Tabela 10 é possível verificar o custo para a construção do sistema com as características descritas acima, destaca-se também na Tabela 11 o peso da estrutura completa, e o peso por m^2 .

Tabela 10. Custo Laje pré-moldada sombreada com argila expandida

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²
R\$ 5.631,99	R\$ 6.026,00	R\$ 11.657,99	R\$ 202,68

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 11 Peso Laje pré-moldada sombreada com argila expandida

Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)
18.619,49	323,70

Fonte: A Autora (2012)

4.3 TELHADO COM ESTRUTURA EM MADEIRA, TELHA CERÂMICA E FORRO EM MADEIRA.

Foi considerado para análise o sistema de cobertura com telha cerâmica sem laje pré-moldada - sistema mais simples, entretanto com menos eficiência térmica e acústica.

Para a estrutura do telhado foi considerado a utilização de madeira serrada não aparelhada de primeira qualidade, dimensionada para suportar telhas cerâmicas com vão de 7 a 10 metros e para cobertura telhas cerâmicas do tipo romana (Figura 92).

O fechamento lateral dos telhados foi descrito em alvenaria construído com ½ vez de tijolo com as dimensões de 10x15x20cm, chapiscado e rebocado pelo lado exterior, e tijolo aparente pelo lado interior. Para fechamento foi utilizado forro plano em madeira tipo cedrinho, com tabuas de largura de 10 cm e espessura de 1 cm. Foi considerada ainda a aplicação de duas demãos de verniz. Sobre as paredes foi colocado rufo e no muro posterior considerado a aplicação de calha, conforme Figuras 93 e 94.

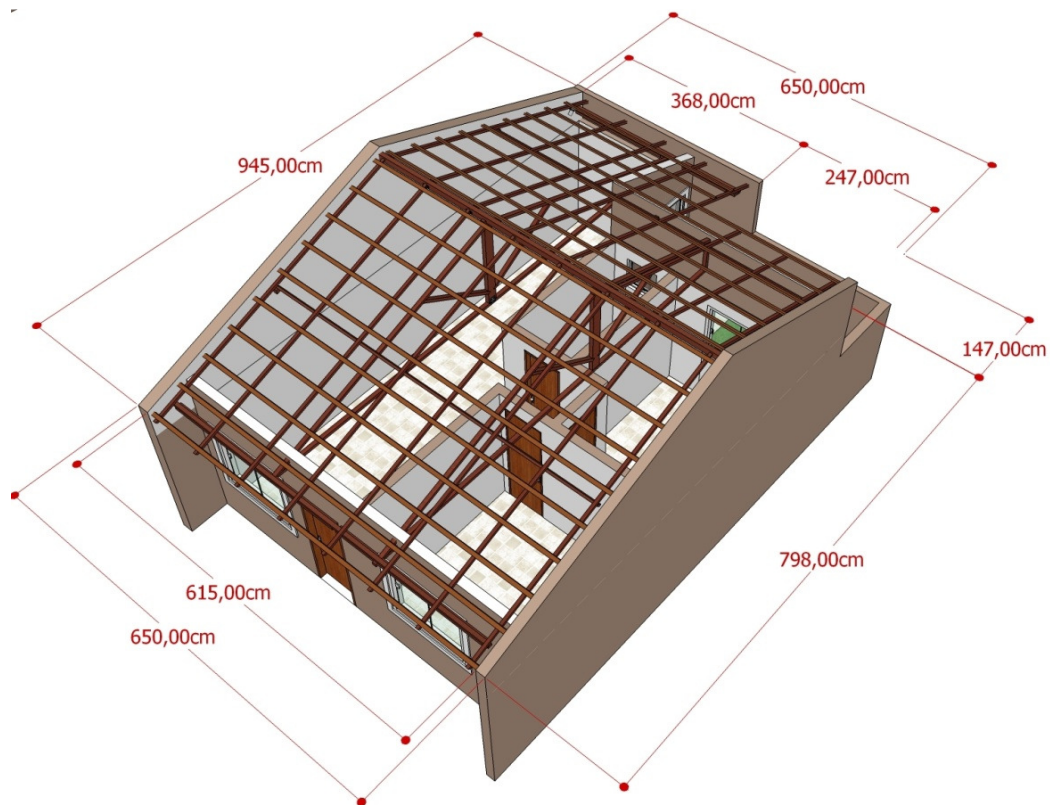


Figura 92. Estrutura de madeira para telha cerâmica
 Fonte: A Autora (2012)

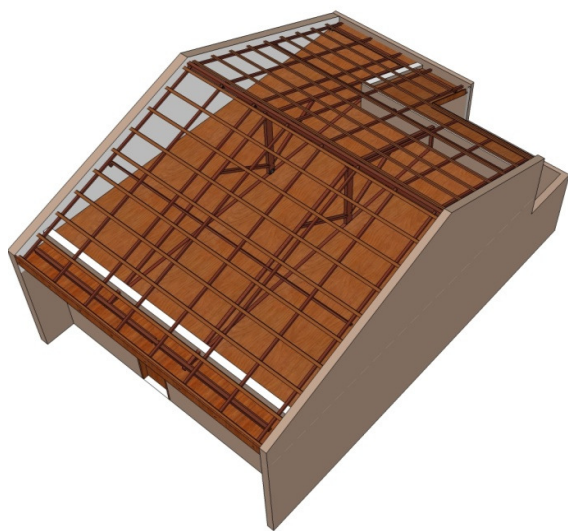


Figura 93. Forro e beirais em madeira
 Fonte: A Autora (2012)

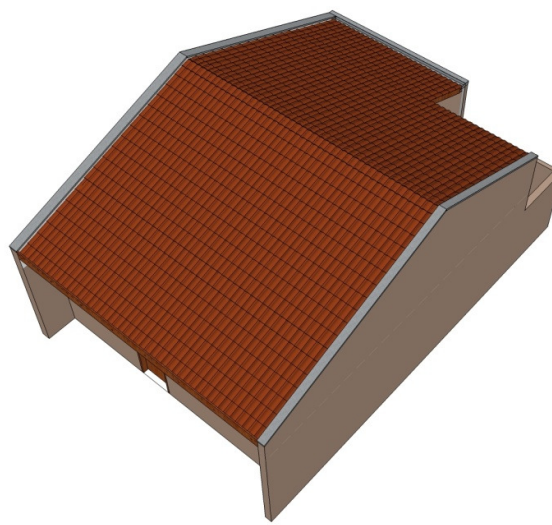


Figura 94. Cobertura em telha cerâmica tipo romana.
 Fonte: A Autora (2012)

Na Tabela 12 é possível verificar o custo para a construção do sistema com as características descritas acima, destaca-se também na Tabela 13 o peso da estrutura completa, e o peso por m².

Tabela 12. Custo com estrutura em madeira, telha cerâmica e forro em madeira

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²
R\$ 5.603,21	R\$ 5.618,22	R\$ 11.221,43	R\$ 195,09

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 13 Peso telhado cerâmico

Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)
6.575,78	114,32

Fonte: A Autora (2012)

4.4 ESTRUTURA TELHADO VERDE

O sistema construtivo do telhado verde, base para receber o substrato e a vegetação é o mesmo sistema descrito no estudo de caso no item 4.

O sistema estrutural é composto por 14 vigas de 6,50m e 4 vigas de 4 metros, totalizando 107 metros lineares de viga de madeira, de primeira qualidade não aparelhada, com dimensão de 5x22,5cm (Figura 95). Sobre as vigas de madeira foram dispostas chapas de madeira compensada autoclavada com espessura de 18mm e dimensão de 122x244cm, totalizando 21 chapas para cobrir toda a extensão do telhado. Os fechamentos laterais foram feitos com placa cimentícia sem amianto com 6mm de espessura (Figura 96). Foi considerada uma impermeabilização sobre as chapas com manta asfáltica espessura 3 mm protegida com filme de alumínio gofrado espessura 0,8mm (Figura 97).

Sobre esse sistema estrutural foi disposto os sistemas de telhado verde, que serão descritos a seguir juntamente com a composição de custos.

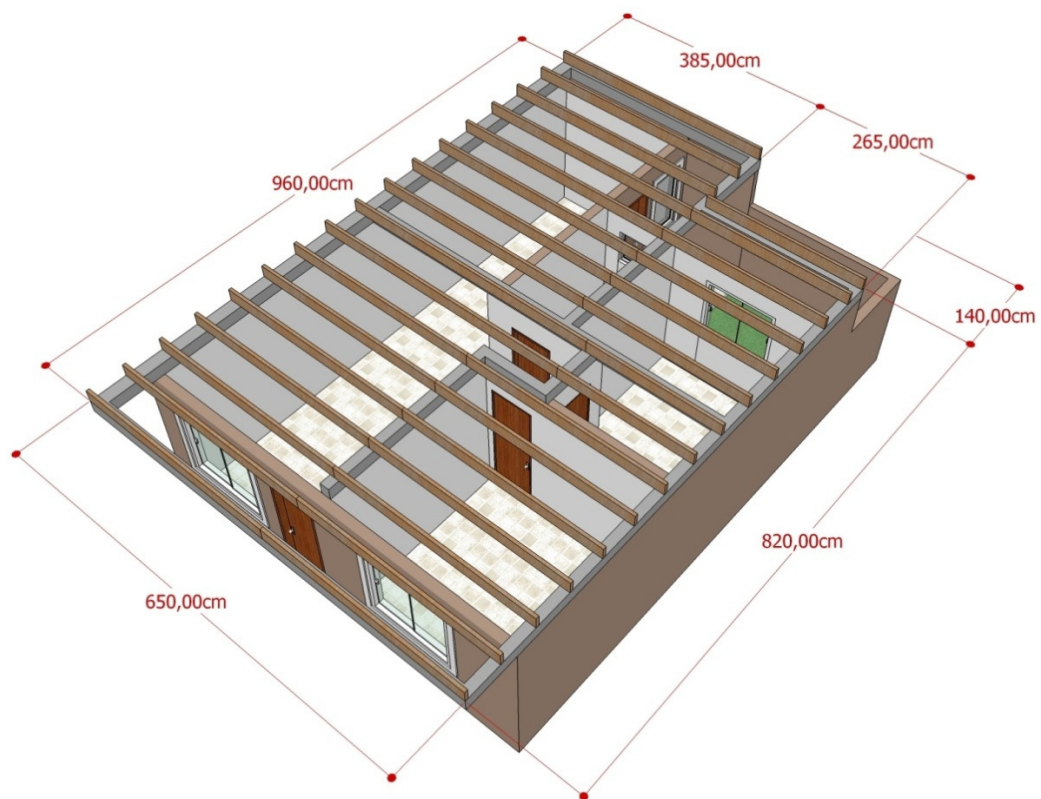


Figura 95. Vigas em madeira
 Fonte: A Autora (2012)

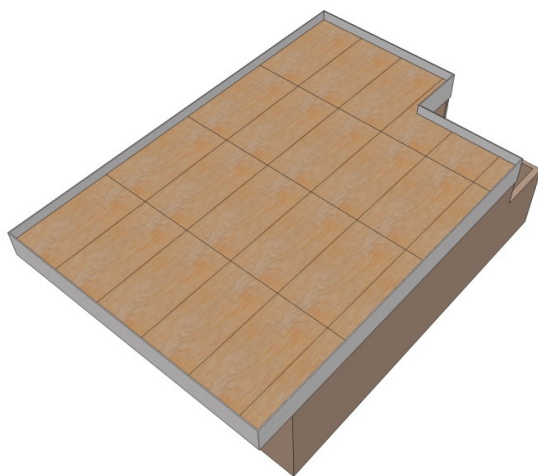


Figura 96. Chapas de compensado e acabamento em placa cimentícia
 Fonte: A Autora (2012)

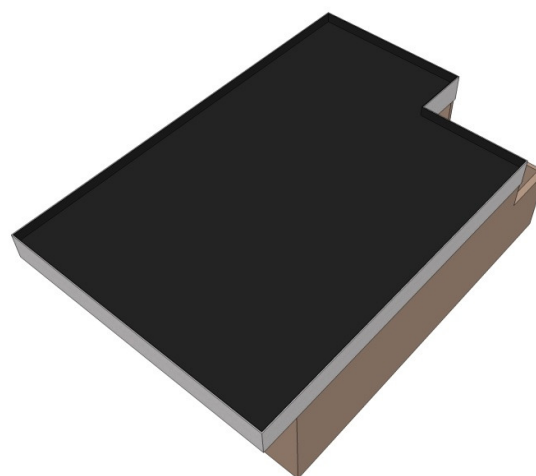


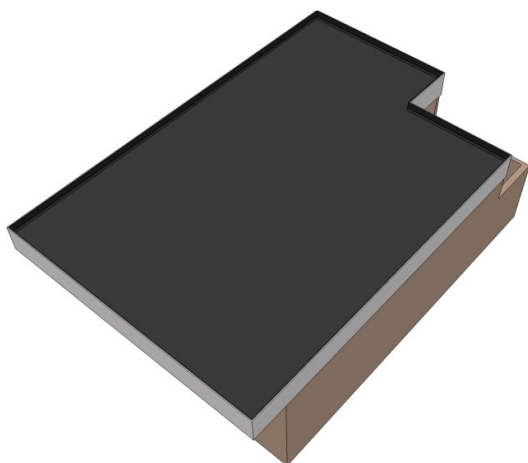
Figura 97. Impermeabilização com manta asfáltica
 Fonte: A Autora (2012)

4.4.1 Telhado verde - Sistema Hexa Ecotelhado

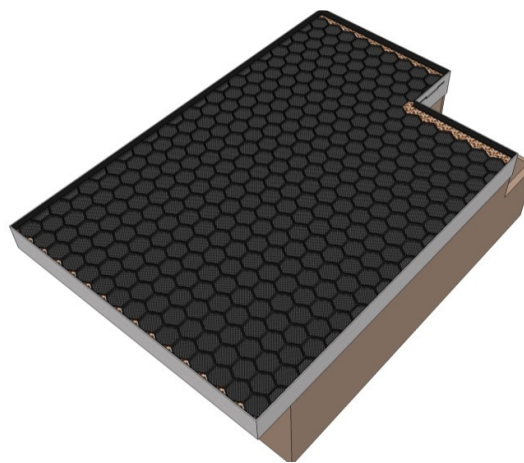
O sistema de telhado Hexa é comercializado por uma empresa localizada no Rio Grande do Sul, que vende para todo o Brasil. A empresa fornece todos os elementos necessários para a composição do telhado verde.

Primeira camada, membrana de polietileno de alta densidade espessura de 200 micras, conforme Figura 98. Sobre a membrana são dispostos os módulos com formato hexagonal (Figura 99), sendo seu aproveitamento 6,16 peças/m². Sobre essa camada é disposta a membrana de retenção de nutrientes composta de poliéster e material reciclado, com espessura de 5mm (Figura 100). Dispõe-se acima da manta o substrato leve, composto de materiais orgânicos e sintéticos oriundos da indústria de reciclagem (Figura 101).

E por fim é realizada a plantação, nesse caso foi utilizado Cacto Margarida (*Lampranthus productus*), vegetação ideal para o uso em telhados verdes extensivos por se tratar de uma suculenta que possui folhas engrossadas para garantir o armazenamento de água (Figura 102).



**Figura 98. Telhado verde sistema hexa -
Aplicação de lona 200 micras
Fonte: A Autora (2012)**



**Figura 99. Telhado verde sistema hexa -
Disposição dos módulos plásticos de
retenção de água
Fonte: A Autora (2012)**

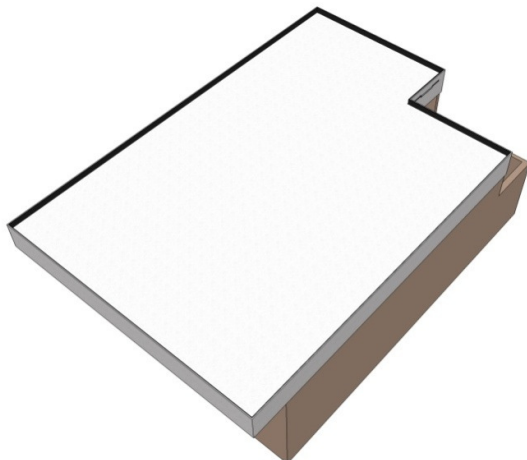


Figura 100 Telhado verde sistema hexa -
Aplicação de manta de retenção de nutrientes
Fonte: A Autora (2012)

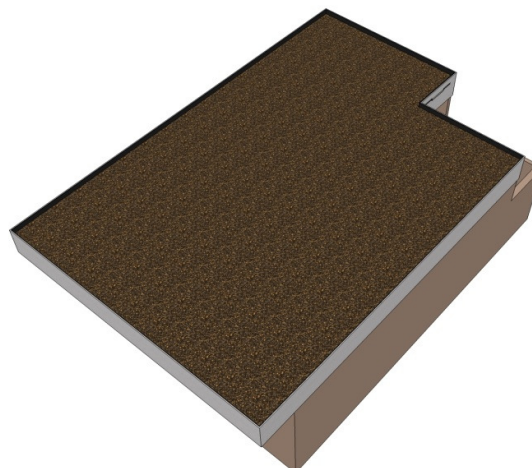


Figura 101. Telhado verde sistema hexa -
Substrato
Fonte: A Autora (2012)

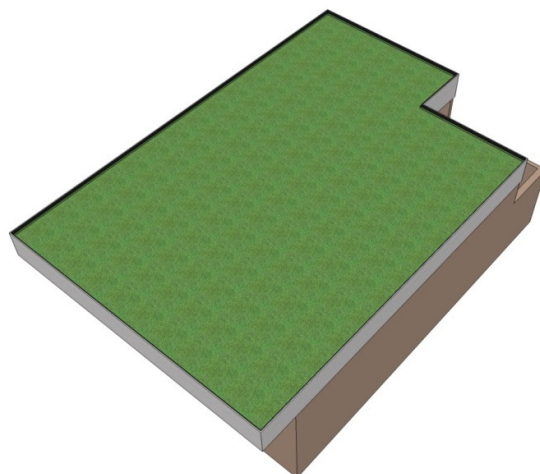


Figura 102. Telhado verde Sistema hexa vegetado
Fonte: A Autora (2012)

Na Tabela 14 é possível verificar o custo para a construção do sistema de telhado verde com módulo hexa, conforme características descritas acima. Destacam-se também na Tabela 15 o peso da estrutura completa, e o peso por m².

O sistema de telhado verde descrito acima possui retenção de 22,5 litros por m², com peso quando saturado de aproximadamente 61 kg por m².

Tabela 14 Custo telhado verde - sistema hexa

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m ²
R\$ 9.922,19	R\$ 4.221,16	R\$ 15.832,38	R\$ 275,25

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 15 Peso telhado verde - sistema hexa

Peso do sistema (kg)	Peso por m ² (kg/m ²)
5.357,81	93,15

Fonte: A Autora (2012)

4.4.2 Telhado verde - Sistema modular Instituto Jardim.

O sistema descrito a seguir utiliza como base o sistema estrutural descrito no item 5.4. Sobre o sistema impermeabilizado é colocada uma manta geotêxtil, um não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster, com a função de proteger a impermeabilização das raízes das vegetações. Sobre a manta é disposto os módulos retangulares com as dimensões 40x50x8cm. Esse módulos possuem duas partes uma para retenção de água e outra para a colocação da vegetação, conforme imagens 103 e 104. Sobre os módulos é disposto o substrato fornecido pelo fabricante, e por fim é feito a plantação da suculenta: Cacto Margarida (*Lampranthus productus*.(Figuras 104, 105, 106, 107).

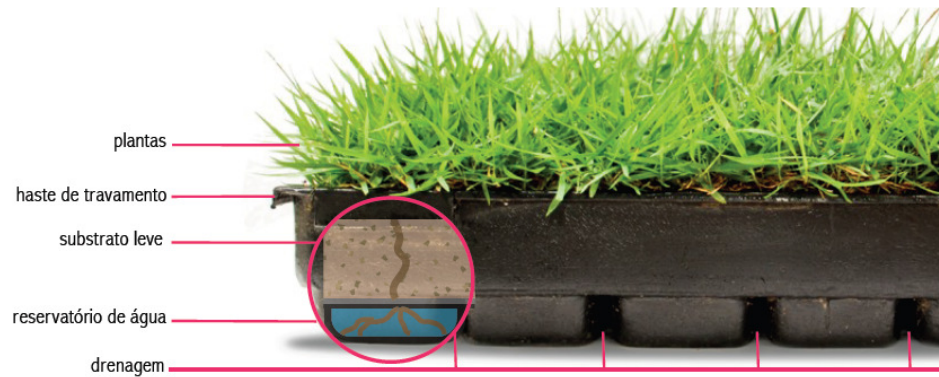


Figura 103. Módulo telhado verde - instituto cidade jardim
Fonte: Instituto Cidade Jardim (2012)



Figura 104. Módulo telhado verde manta de separação água e substrato - Instituto cidade jardim.
Fonte: Instituto Cidade Jardim (2012)

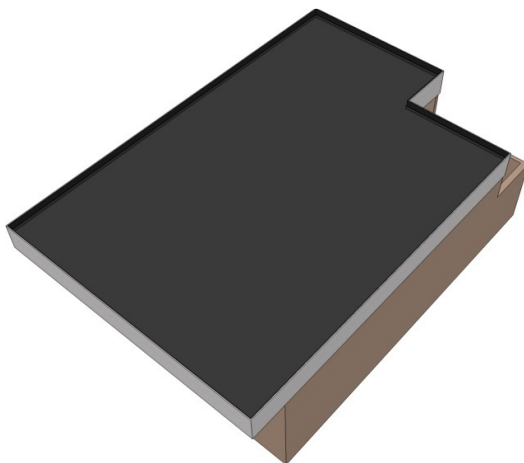


Figura 105. Telhado verde sistema modular -
Aplicação manta geotêxtil
Fonte: A Autora (2012)

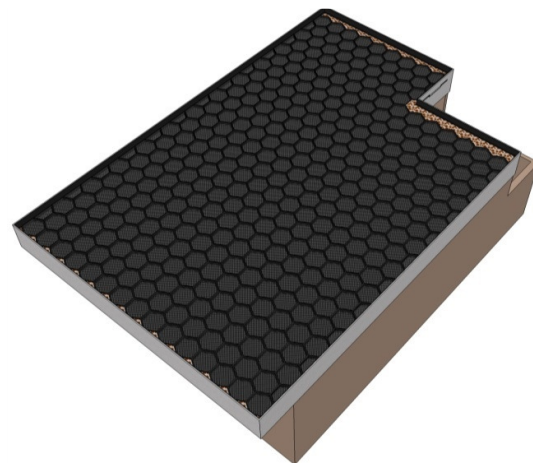
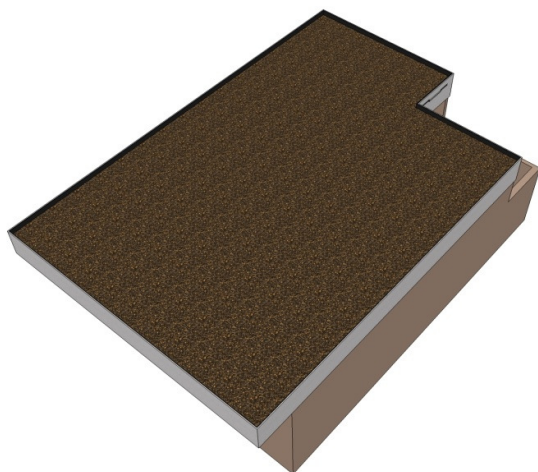
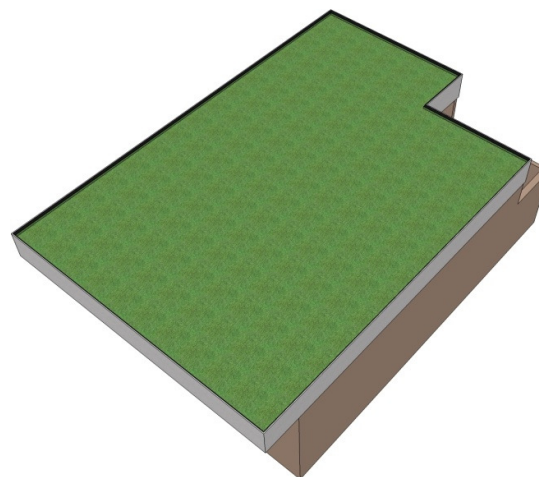


Figura 106. Telhado verde sistema modular -
Disposição dos módulos plásticos de
retenção de água
Fonte: A Autora (2012)



**Figura 107 Telhado verde sistema modular –
Camada de substrato**
Fonte: A Autora (2012)



**Figura 108. Telhado verde sistema modular
vegetado**
Fonte: A Autora (2012)

O sistema de telhado verde modular – Instituto Cidade Jardim, tem o custo conforme descrito na Tabela 16. Na Tabela 17 é possível avaliar o peso do sistema, e o peso por m² do mesmo.

O sistema modular retém cerca de 33 litros por m², com peso médio quando saturado de 80kg/m², apenas dos módulos vegetados, sem computar a estrutura de suporte.

Tabela 16 Custo Telhado verde - Sistema modular

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²
R\$ 9.696,38	R\$ 3.301,28	R\$ 15.606,57	R\$ 271,32

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 17 Peso Telhado verde - Sistema modular

Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)
6.459,81	112,31

Fonte: A Autora (2012)

4.4.3 Telhado verde - Sistema Vernacular

Utilizou-se como referência para orçamento um sistema moldado *in loco*.

Sobre a superfície impermeabilizada dispõe-se a manta geotêxtil (tecido de poliéster não tecido), Figura 109, sobre a manta é feito uma cama de argila expandida com espessura de 3 cm em toda a extensão do telhado (Figura 110), sobre essa camada aplica-se a manta geotêxtil novamente, com a função de reter o substrato (Figura 111), e garantir a eficiência da camada drenante (argila expandida). De forma uniforme é espalhado o substrato em toda a superfície com uma espessura média de 5cm (Figura 112). Com o substrato bem irrigado é realizado a plantação do Cacto Margarida (Figura 113).

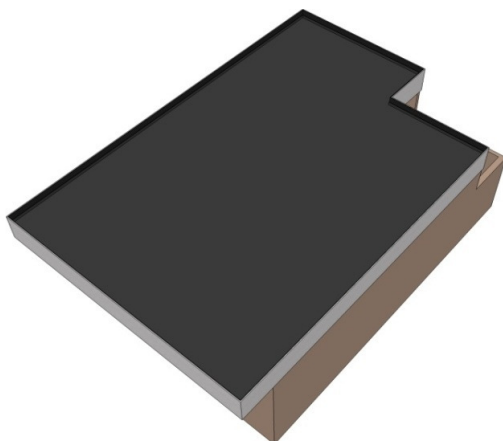


Figura 109. Telhado verde vernacular
Aplicação de manta geotêxtil
Fonte: A Autora (2012)

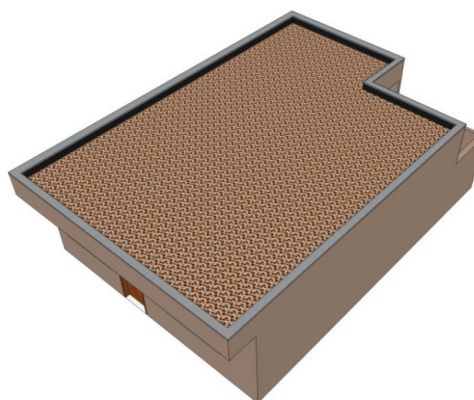


Figura 110. Telhado verde vernacular –
Aplicação de camada de argila expandida
Fonte: A Autora (2012)

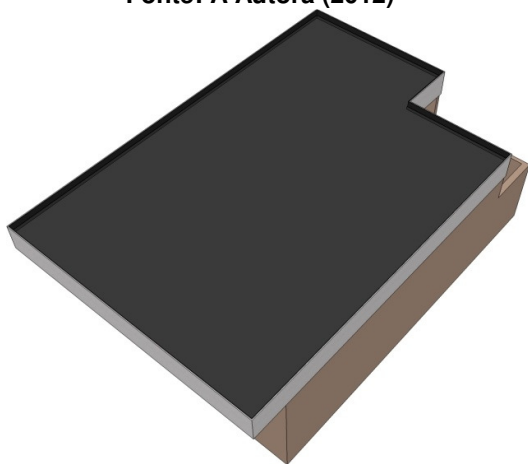


Figura 111 Telhado verde vernacular
Aplicação de manta geotêxtil sobre argila
Fonte: A Autora (2012)

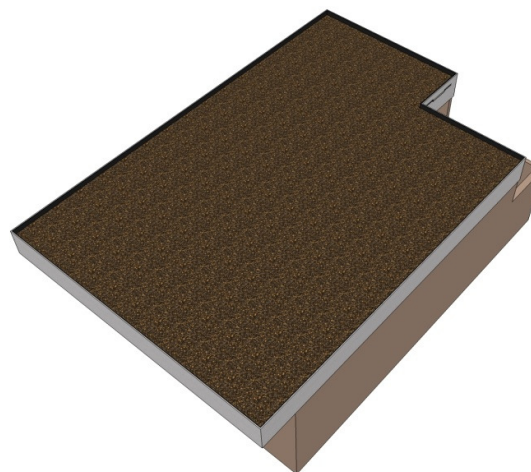


Figura 112. Telhado verde vernacular -
Substrato
Fonte: A Autora (2012)

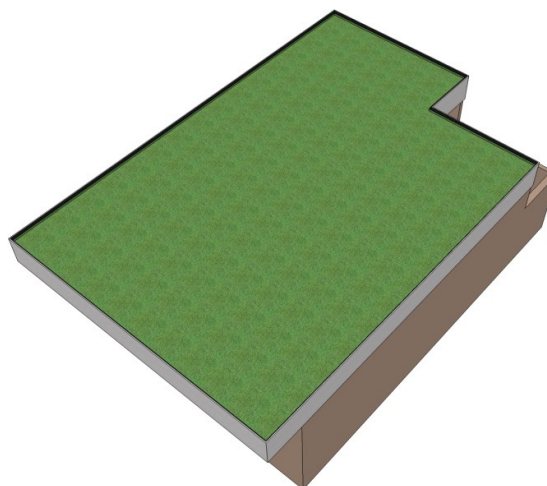


Figura 113. Telhado verde vernacular vegetado
Fonte: A Autora (2012)

O sistema descrito acima tem a composição de custos conforme Tabela 18, e peso conforme Tabela 19.

Tabela 18 Custo Telhado verde - Sistema vernacular

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²
R\$ 6.877,49	R\$ 3.594,76	R\$ 10.472,25	R\$ 182,06

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 19 Peso Telhado verde - Sistema vernacular

Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)
7.265,66	126,32

Fonte: A Autora (2012)

4.5 TELHADO VERDE VERNACULAR SOBRE LAJE PRÉ-MOLDADA

O sistema de laje adotado para essa composição de cobertura é a mesma utilizada para o telhado de laje com sombreamento. Laje pré-moldada com lajota cerâmica de 8 cm e capa de concreto de 4 cm de 20MPA, platibanda de 100 cm, com área de 57,60 m² (Figuras 114 e 115).

Conforme descrito anteriormente para impermeabilização da laje foi considerado o uso de manta asfáltica com 3 mm de espessura e film de alumínio grofado (Figura 116).

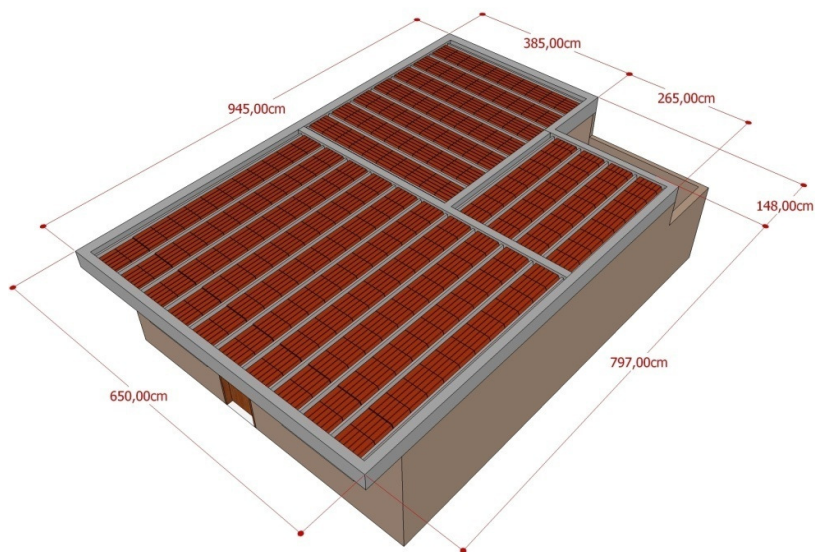
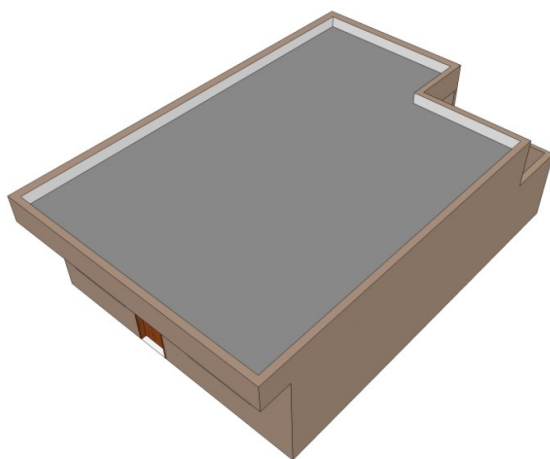
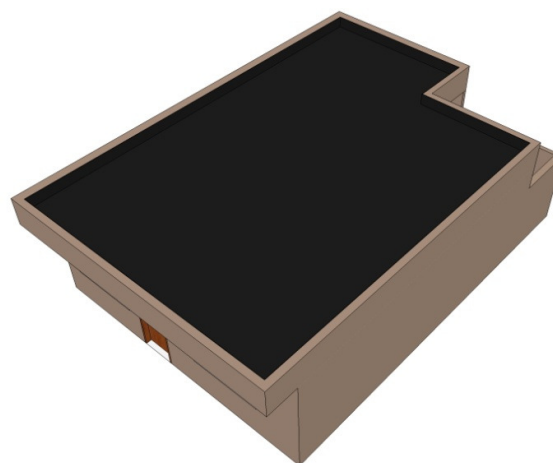


Figura 114. Laje de concreto pré-moldado com lajota cerâmica.
Fonte: A Autora (2012)



**Figura 115. Laje em concreto pré moldado -
capa de concreto 4 cm**
Fonte: A Autora (2012)



**Figura 116. Impermeabilização com Manta
asfáltica.**
Fonte: A Autora (2012)

Sobre esse sistema de laje foi projetado o sistema de telhado verde vernacular, conforme detalhado no item 5.4.3 e Figuras 117, 118, 119, 120, 121 a seguir.

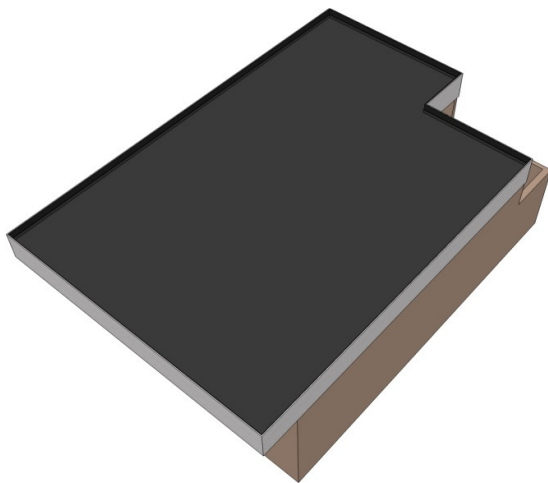


Figura 117. Telhado verde vernacular
Aplicação de manta geotêxtil
Fonte: A Autora (2012)

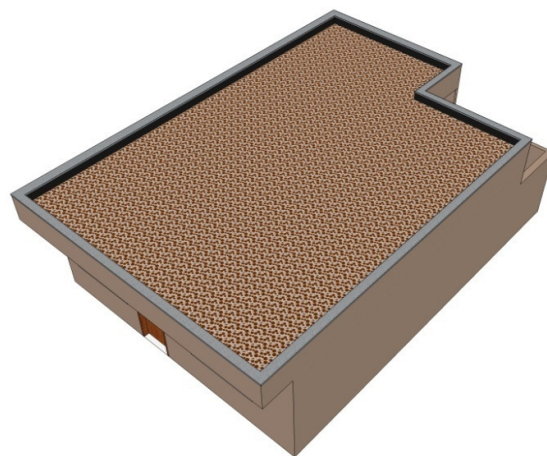


Figura 118. Telhado verde vernacular –
Aplicação de camada de argila expandida
Fonte: A Autora (2012)

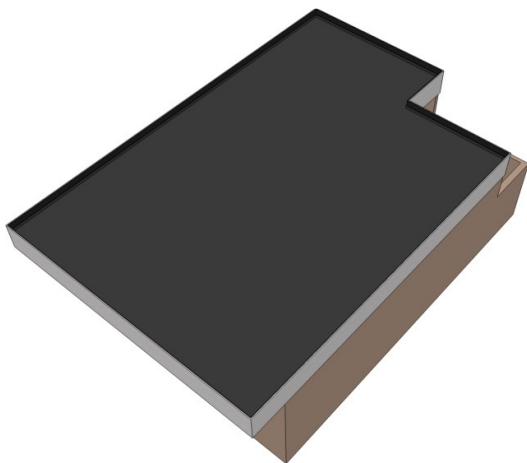


Figura 119 Telhado verde vernacular
Aplicação de manta geotêxtil sobre argila
Fonte: A Autora (2012)

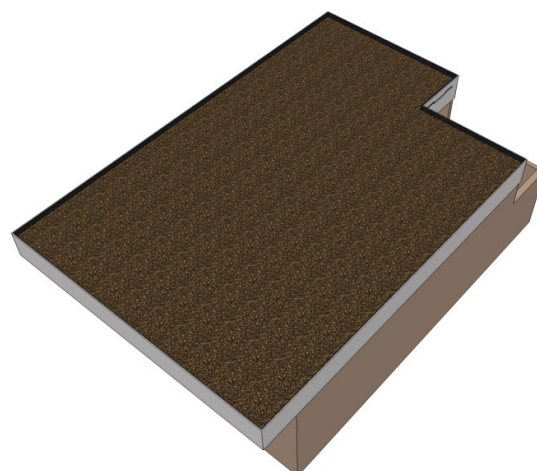


Figura 120. Telhado verde vernacular -
Substrato
Fonte: A Autora (2012)

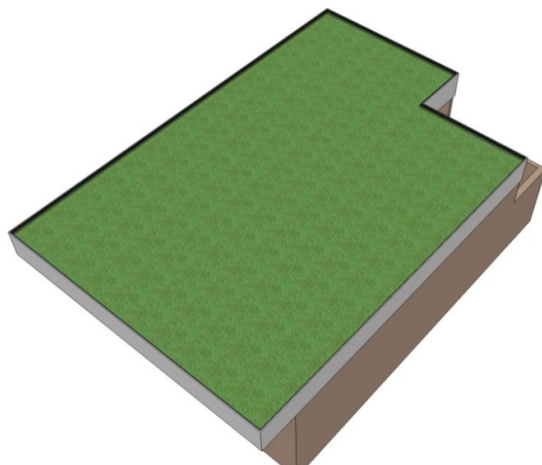


Figura 121. Telhado verde vernacular vegetado
Fonte: A Autora (2012)

O sistema descrito acima tem a composição de custos conforme Tabela 20, e peso conforme Tabela 21.

Tabela 20 Telhado verde - Sistema vernacular com laje

Custo MA	Custo M.O.	Custo Total	Custo m²
R\$ 6.821,40	R\$ 6.138,88	R\$ 12.960,28	R\$ 225,32

Fonte: A Autora (2012)

Tabela 21 Peso Telhado verde - Sistema vernacular com laje

Peso do sistema (kg)	Peso por m² (kg/m²)
23.089,49	401,42

Fonte: A Autora (2012)

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são comparados os custos e pesos obtidos entre os diferentes sistemas de cobertura abordados e abordado essa relação peso x custo.

Os resultados foram obtidos através da comparação direta do custo e do peso de cada um dos sistemas.

Os sistemas serão denominados da seguinte maneira:

- Laje pré-moldada com cobertura em telha cerâmica – Sistema 01,
- Laje pré-moldada com sombreamento – Sistema 02,
- Telhado coberto com telha cerâmica e acabamento em forro de madeira – Sistema 03,
- Telhado verde: Sistema Hexa – Sistema 04,
- Sistema Modular – Sistema 05,
- Sistema vernacular – Sistema 06,
- Telhado verde vernacular sobre laje pré-moldada – Sistema 07.

5.1 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

Para análise de custo foi feita uma comparação direta entre os valores obtidos para cada uma das coberturas destacando a variação de custos entre os sistemas. Os valores foram obtidos através do uso da Tabela serviços de edificações, Resolução Conjunta SEIL/DER 005/2012 JULHO 2012 (Vigente a partir de 01/09/2012).

No Gráfico 08 é apresentada uma comparação direta entre os diferentes tipos de coberturas analisados, podendo, desta forma, verificar a variação de custo, e os sistemas que apresentam menor e maior custo construtivo.

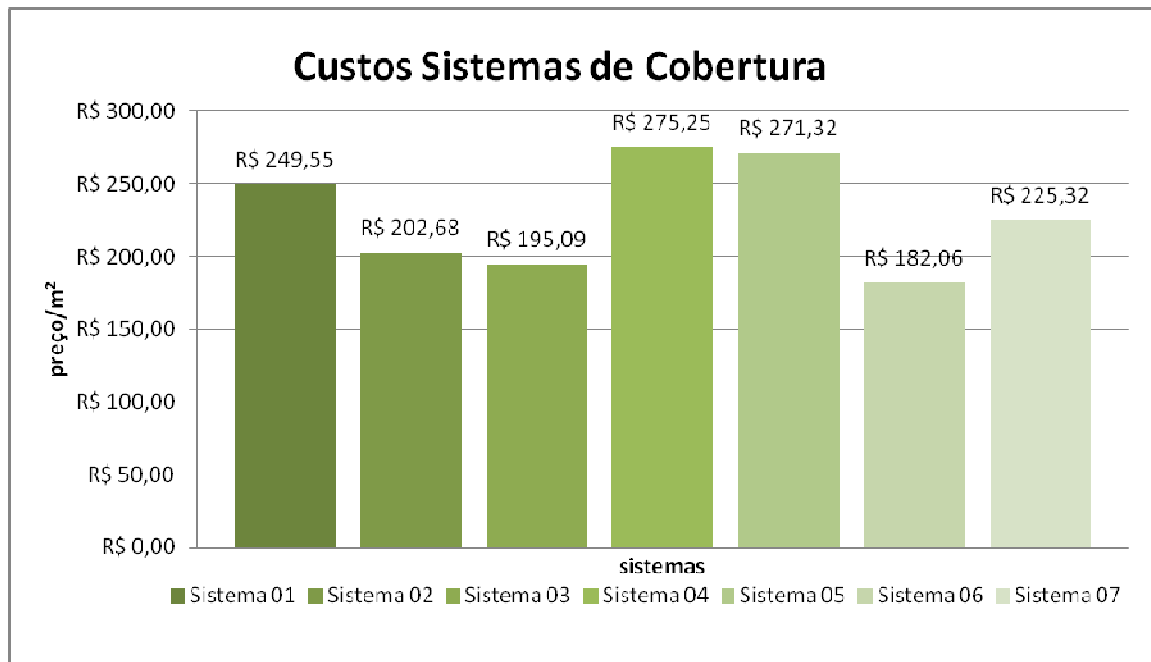


Gráfico 8. Análise de custo das coberturas
Fonte: A Autora (2012)

Pode-se verificar conforme Gráfico 08 que o sistema 06 (telhado verde vernacular) tem o menor preço entre todos os sistemas analisados, tendo um custo de R\$182,06/m². Os sistemas de telhado verde 04 e 05 tiveram custo similar e mais alto que os demais sistemas, R\$275,25 e R\$271,32 respectivamente. Já o sistema de cobertura verde sobre laje pré-moldada soma um valor de R\$225,32. Os sistemas tradicionais de cobertura têm seus valores variando de R\$249,55 a R\$195,09.

Os telhados verdes com uso de sistemas de retenção de água (sistema 04 e 05) apresentam custo superior ao sistema 06 e 07, entretanto faz-se necessário ressaltar que o mecanismo de retenção de água auxilia na manutenção dos telhados, devido à reserva de água desses sistemas, reduzindo ou eliminando a necessidade de rega do sistema, e assim reduzindo custos de manutenção dos mesmos.

O sistema 03 obteve o segundo menor custo entre os sistemas tradicionais de cobertura: R\$195,09/m². Esse valor é resultado da eliminação da aplicação de laje de concreto armado nesse sistema. O Concreto armado eleva expressivamente o custo das construções. O sistema 02 (laje pré-moldada com sombreamento) tem um

valor por m² de R\$202,68. O modelo com custo mais elevado entre os sistemas convencionais é o sistema 01 (Laje com telhado cerâmico), somando R\$249,55/m².

A redução do custo do telhado verde comparando com os sistemas tradicionais se deve a redução de massa da estrutura, com a eliminação do uso de lajes de concreto armado para a sustentação do sistema. Desta forma se compararmos o sistema 06 e 07, percebemos que o sistema 07 tem um custo de R\$43,00/m² maior do que o sistema 06 que elimina o uso de laje de concreto armado.

Na Tabela 22 é possível comparar a proporção de alteração de custo entre os sistemas.

Tabela 22. Análise de Custo

SISTEMAS		Custo/m ²	Proporção
Sistema 01	Laje pré-moldada coberta com telha cerâmica	R\$ 249,55	1,37
Sistema 02	Laje pré-moldada sombreada com argila expandida	R\$ 202,68	1,11
Sistema 03	Telhado com estrutura em madeira, telha cerâmica e forro	R\$ 195,09	1,07
Sistema 04	Telhado verde - Sistema hexa	R\$ 275,25	1,51
Sistema 05	Telhado verde - Sistema modular	R\$ 271,32	1,49
Sistema 06	Telhado verde - Sistema vernacular	R\$ 182,06	1,00
Sistema 07	Telhado verde - Sistema vernacular com laje	R\$ 225,32	1,24

Fonte: A Autora (2012)

Através da análise da Tabela 22, pode-se perceber que existe uma variação de 49% (quarenta e nove por cento) de custo dos sistemas analisados. Sendo, conforme destacado acima, o sistema 06, o que possui menor custo por m².

O Sistema 01, 04 e 05 possuem preços equiparados com uma variação de menos de 10% de custo. Essa variação diluída no custo da obra gira em torno de 2 a 5%. O Sistema 07 apresenta um custo 24% superior ao custo do sistema 06 devido ao uso de laje pré-moldada ao invés de estrutura de madeira.

Através do Gráfico 8 e da Tabela 22 fica evidente que o uso de laje pré moldado eleva o custo das edificações expressivamente, sem aumenta na mesma

proporção o conforto a qualidade e a sustentabilidade da edificação. Conforme destacado anteriormente, a laje de concreto pode significar um aumento de R\$43,00 por m², ou seja um aumento de 24% no custo total da cobertura.

Dos telhados tradicionais apresentados, segundo a bibliografia o sistema que apresenta melhor desempenho térmico é a laje de concreto armado com telha cerâmica, entretanto esse sistema é 37% mais caro que o sistema 06 de telhado verde.

Quando comparamos o sistema 01 e 07, que possuem como base uma laje de pré-moldado, e um deles cobertura em telha cerâmica e outro em telhado verde, temos ainda um custo em torno de R\$25,00 mais alto para o sistema com telha cerâmica.

Para analisar ainda a viabilidade econômica das coberturas verdes, é importante analisar o peso dessas estruturas, que terão influencia direta na supra e infraestrutura das edificações, que poderá aumentar ou diminuir o custo global da obra.

5.2 ANÁLISE COMPARATIVA DE CARGAS

Para comparação entre a carga da cobertura de cada um dos sistemas, foi levantado o peso de cada um dos materiais, conforme NBR 6120 (Carga para Cálculo de estrutura de edificações) e informações dos fornecedores.

Para fins de calculo, fez-se o calculo da carga do sistema somando-se o peso específico de cada material, considerando sua capacidade máxima de absorção de água.

Conforme Gráfico 9 é possível verificar a variação da carga resultante da soma dos componentes de cada uma das coberturas analisadas.

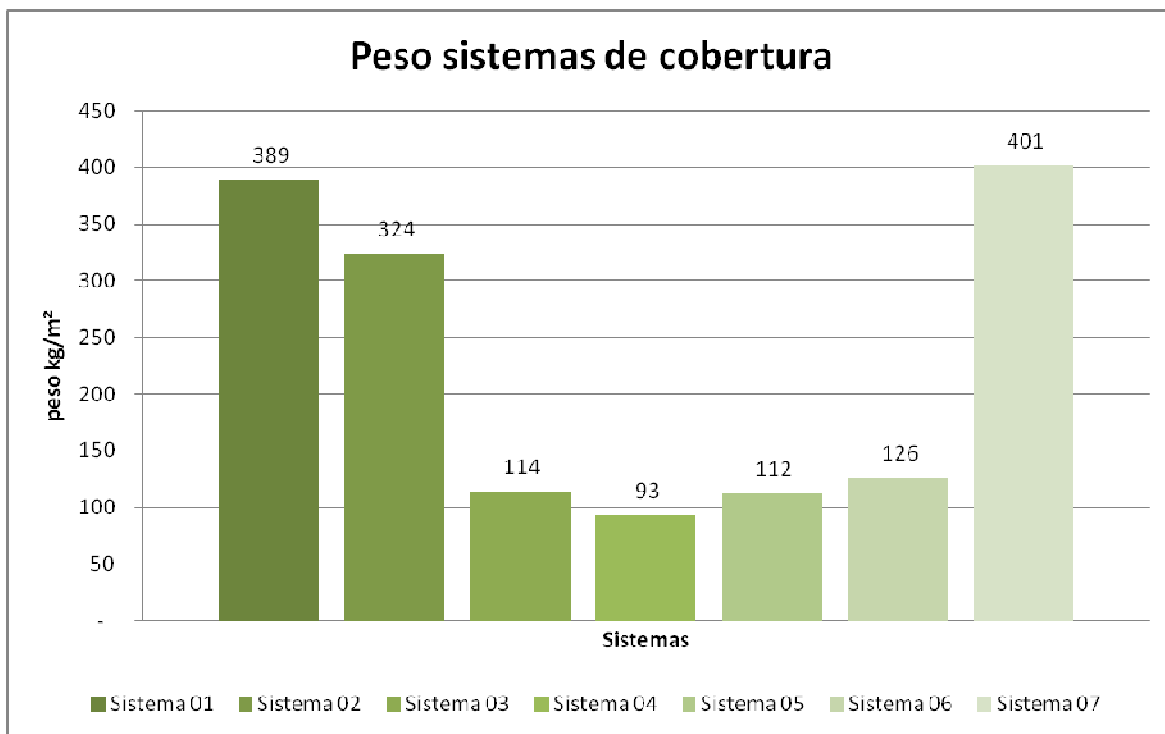


Gráfico 9. Análise de carga dos sistemas de cobertura
Fonte: A Autora (2012)

O sistema 04, telhado verde com sistema hexa apresenta o menor peso entre todos os sistemas com peso de 93 kg/m². Entretanto através do Gráfico 09 pode-se perceber que os sistemas 03, 04, 05 e 06 possuem pesos equiparados e muito baixos quando comparados com os sistemas 01, 02 e 07. Conforme composição desses sistemas pode-se perceber que essa redução é consequência do uso de sistemas alternativos no local da laje de concreto armado.

Os sistemas 01, 02 e 07, que utilizam laje de concreto armado, somam valores muito mais altos de peso da estrutura, com as cargas variando de 401 kg/m² a 324 kg/m².

Os telhados verdes, com sistema estrutural de madeira (04, 05 e 06), tem seus pesos similares variando de 126kg/m², sistema 06, 112 kg/m² sistema 05 e 93kg/m² sistema 04. Essa variação entre os sistemas se devem pelas camadas de composição de cada um, e pela capacidade de retenção de água. É importante ressaltar que a carga de referência é dos sistemas saturados. Já o sistema 07 possui peso muito superior, pois soma o peso da laje de concreto pré moldada que é elevado, com o peso do substrato e argila saturados.

Na Tabela 23 é possível verificar a proporcionalidade dessa variação de peso entre os diferentes sistemas analisados.

Tabela 23. Peso sistemas de cobertura

SISTEMAS		Peso/m ²	Proporção
Sistema 01	Laje pré-moldada coberta com telha cerâmica	389	4,18
Sistema 02	Laje pré-moldada sombreada com argila expandida	324	3,48
Sistema 03	Telhado com estrutura em madeira, telha cerâmica e forro	114	1,23
Sistema 04	Telhado verde - Sistema hexa	93	1,00
Sistema 05	Telhado verde - Sistema modular	112	1,21
Sistema 06	Telhado verde - Sistema vernacular	126	1,36
Sistema 07	Telhado verde - Sistema vernacular com laje	401	4,31

Fonte: A Autora (2012)

O sistema 01 representa um peso 4 vezes superior ao sistema mais leve, sistema de telhado verde hexa (04). Essa grande variação de peso influencia diretamente a carga sobre a infra e supraestrutura. Desta forma essa variação de carga irá influenciar o dimensionamento, e por consequência, o custo de todo o sistema estrutural da edificação. Principalmente para residências térreas, onde grande parte do esforço sobre a estrutura é em decorrência do peso da cobertura.

O telhado verde sustentado sobre laje pré-moldada apresenta o maior peso entre os telhados verdes, desta forma apesar do seu custo construtivo ser inferior a sistema 04 e 05, esses sistemas, quando incorporado em toda a construção, poderá influenciar em um custo mais alto.

A redução tão expressiva do peso telhado verde é consequência do uso de tecnologias construtivas que reduzem a carga, como no caso o uso de chapa de compensando estruturado e estrutura de madeira maciça como tecnologia alternativa aos sistemas de laje.

O sistema 04 foi analisado como cobertura com custo mais elevado, conforme Gráfico 05, mas na Tabela 15 aparece com o sistema mais leve. Essa análise custo x peso é importante para finalizar essa análise, pois um terá influencia direta sobre o outro, conforme citado, no contexto geral da obra.

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO E PESO

A integração dos dados de custo e peso é necessária para entender a influência que os sistemas têm na infra e supraestrutura da edificação. Pois conforme destacado anteriormente, essa pesquisa buscou detalhar e comparar os sistemas de cobertura, não levando em consideração a influencia do peso no custo da estrutura da edificação (Gráfico 10).

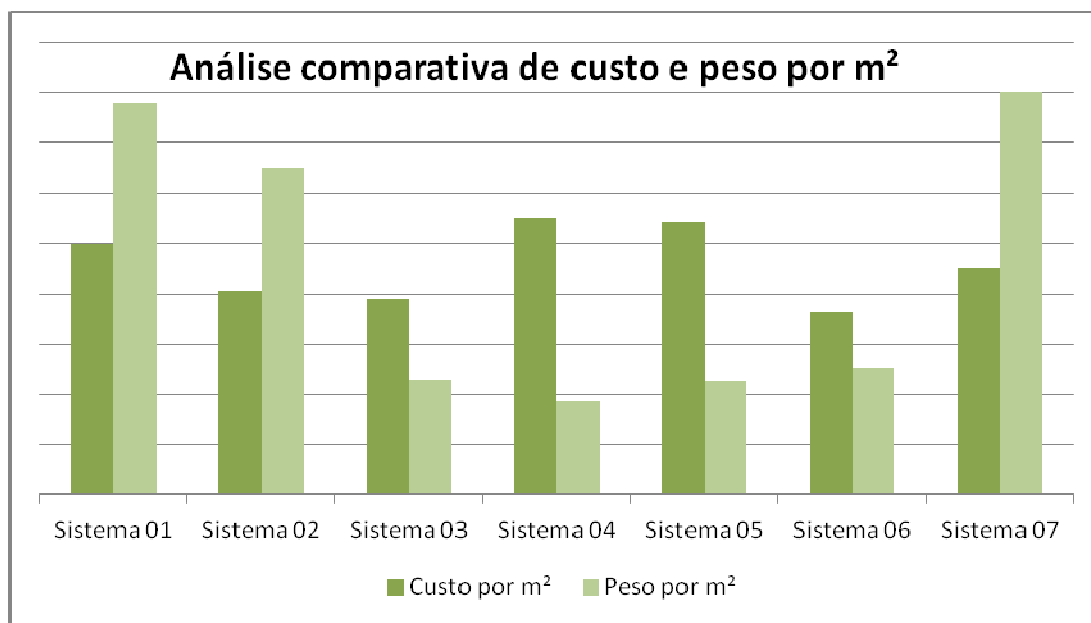


Gráfico 10. Gráfico comparativo entre custo e peso por m²
Fonte: A autora (2012)

O Gráfico 10 demonstra que o custo e o peso não possuem variação proporcional, mas permite concluir que os sistemas 01 e 07, que possuem custo alto, com a carga expressiva sobre a estrutura, somariam os maiores custos entre os sistemas apresentados. Já o sistema 06, que possui o menor custo, apresenta

também uma das menores cargas entre os sistemas, não aumentando o custo da estrutura devido à sobrecarga.

Vale destacar ainda que os sistemas 04 e 05 possuem os custos mais elevados entre os sistemas analisados, mas somam os pesos mais baixos. Se comparado esses sistemas com o de laje de concreto armado com telha cerâmica (sistema 01), eles possuem custo equiparados, entretanto a variação de peso é muito expressiva, conforme citado anteriormente, o sistema 01 apresenta um peso quase 4 vezes maior que o sistema 04. Pode-se desta forma concluir no contexto geral da obra o sistema de telhado verde 04 e 05 resultarão em um custo menor da obra que o sistema de laje com telha cerâmica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil precisa de novas tecnologias para que possa incorporar com mais frequência o uso de técnicas sustentáveis que diminuam o impacto ambiental, social e econômico das construções. O telhado verde, como destacado ao longo da revisão bibliográfica, auxilia na redução dos impactos das novas construções e das construções existentes, podendo ser uma ótima ferramenta a ser aplicada nos centros urbanos já consolidados.

Muitos autores apontam o telhado verde com custo superior aos telhados convencionais, justificando seu alto custo pelos materiais aplicados e pela sobrecarga na estrutura, essa também é relatada como uma das causas de patologias em função em decorrência do uso de telhado verde.

Essa pesquisa apresentou novas alternativas para a construção de telhados verdes, e comparou-as tanto em custo quanto em peso com sistemas tradicionais de cobertura, com essa análise foi possível confirmar a hipótese de que através da incorporação de novas tecnologias é possível ter sistemas de coberturas verdes com peso inferior e custo equiparado aos sistemas tradicionais de cobertura.

O sistema de telhado verde com estrutura de madeira e chapa de compensando e sistema vernacular de telhado verde apresentou o menor custo entre todos os sistemas analisados. Se mostrando uma alternativa viável para aplicação em novas edificações, podendo ainda ser uma alternativa para as habitações de interesse social. Onde se tem um grande aglomerado de residências e geralmente poucas áreas vegetadas.

Os sistemas de telhado verde com uso de módulo apresentaram custo superior ao sistema vernacular, entretanto a aplicação dessa tecnologia reduz a manutenção, principalmente em épocas de seca. Esse custo inicial superior é reduzido quando analisado junto ao ciclo de vida da cobertura, um contraponto importante quando quer se falar de tecnologias que substituam os telhados convencionais com a mesma ou menor manutenção exigida para esses.

A comparação de peso entre os sistemas é necessária para avaliar o impacto das mesmas sobre a estrutura, e foi possível comprovar que a aplicação da técnica construtiva com estrutura em madeira reduz expressivamente a carga sobre as estruturas. Quanto ao telhado verde aplicado sobre laje de concreto, o peso do sistema ficou superior aos demais sistemas, sendo importante essa análise para a

aplicação em edificações existentes. O aparecimento de patologias descritas por alguns autores pode estar relacionado a essa sobrecarga que pode gerar fissuras e permitir infiltrações.

Entretanto, o peso do telhado verde sobre laje ficou equiparado ao peso do sistema de laje com telha cerâmica, mostrando-se como uma alternativa para *retrofit* das edificações, substituindo os telhados convencionais cerâmicos, por sistemas de telhado verde, sem afetar na estrutura da edificação. Vale destacar ainda que as camadas do telhado verde possuem custo inferior ao telhado cerâmico, sendo desta forma viável economicamente sua substituição.

Esse trabalho analisou apenas uma parcela muito restrita da composição de custos de uma edificação, principalmente quanto à análise de ciclo de vida. Conforme abordado na revisão bibliográfica, o telhado verde auxilia a reduzir impactos ambientais, e proporcionam ainda redução dos gastos energéticos das edificações.

O telhado verde implantado na cidade de Curitiba apresentou problemas com o escoamento de água nos ralos na laje, desta forma é importante ressaltar a necessidade de um bom sistema de drenagem, e um isolamento que não permita que o substrato vá para essa área de dreno, desta forma é importância utilizar a manta geotêxtil para isolar uma área de drenagem que pode ser feita com argila expandida, brita ou mesmo cacos de tijolo cerâmico.

Conclui-se assim que o melhor sistema a ser adotado no quesito custo x benefício é o sistema de telhado verde com estrutura de madeira e telhado verde vernacular, devido ao seu baixo custo e peso. Mas vale destacar que existem diferentes alternativas de coberturas verdes que possuem custo e peso inferior a outros sistemas de cobertura, e que a aplicação desses pode contribuir de forma positiva para a cidade e a saúde humana. Sendo importante estimular o uso dessas tecnologias, para que possamos ter mão de obra especializada e maior concorrência de fornecedores, para isso faz-se necessário o poder público estimular a aplicação dessas tecnologias, de forma a torna-las usual. Principalmente nos programas do governo para habitação, que atualmente não incluem a técnica de telhado verde como uma alternativa de cobertura, como é o caso do Programa Minha Casa Minha Vida.

TRABALHOS FUTUROS

A análise de telhados verdes é muito ampla, e com a finalização dessa pesquisa, abre-se um leque de outras possibilidades para complementação dos dados obtidos, segue algumas sugestões de temas a serem abordados.

Comparar os custos entre os sistemas adotados, levando em consideração a redução do custo das estruturas com a aplicação de coberturas verdes leves.

Elaborar a análise do ciclo de vida do telhado verde, utilizando a tecnologia apresentada, inserindo os benefícios em decorrência dos materiais empregados.

Construir protótipos dos sistemas apresentados para analisar o custo real construtivo, com preços de mercado, e comparar a manutenção desses.

Fazer uma análise das legislações e programas existentes, propondo a inserção de tecnologias sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21: ações prioritárias/ Comissão de políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas Para cálculo de estrutura de edificações.** NBR 6120. Rio de Janeiro, 1980.

ALVES, José Eustáquio Diniz. Urbanização e Cidades Ecológicas. **Ecodebate.** Disponível em: < <http://www.ecodebate.com.br/2012/02/08/urbanizacao-e-cidades-ecologicas-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em 14 de agosto de 2012.

AQUA. **Certificação Aqua.** Disponível em: <http://www.vanzolini.org.br/hotsite-104.asp?cod_site=104> Acesso em 25 de agosto de 2012.

ARAUJO, Sidney R. **As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.** Monografia, Rio de Janeiro, Ago 2003.

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

BLACKHURST, Michael; HENDRICKSON, Chris; H. MATTHEWS, Scott H. Cost-Effectiveness of Green Roofs. **Journal Of Architectural Engineering.** Pg 136 a 143. Dez, 2010.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our common future: The World Commission on Environment and Development.** Oxford: Oxford University 1987.

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

CLAUS, Karla; ROUSSEAU, Sandra. **Public versus Private Incentives to Invest in Green Roofs: A Cost Benefit Analysis for Flanders**. Bélgica. 30/2010. Out 2010.

CORBELLA, Oscar e YANNAS, Simos. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos**: Conforto Ambiental. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2003.

COSTA, Enio C.da; **Arquitetura Ecológica: Condicionamento térmico Natural**. São Paulo. Edgard Blücher, 1982.

D'ELIA, Renata. **Telhado Verde**. Coberturas verdes projetadas no Brasil oferecem sistemas diferenciados para proporcionar conforto térmico colaborando com o meio ambiente. **Disponível em:** <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/artigo144157-3.asp>> Acesso em 25 de agosto de 2012.

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS. **Insumos de Edificações** - Resolução Conjunta SEIL/DER 005/2012. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/custos%20edificacoes/1_INSUMOS_JULHO_2012.pdf> Acesso em 14 de agosto de 2012.

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS. **Serviços de Edificações** - Resolução Conjunta SEIL/DER 005/2012. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/custos%20edificacoes/2_SERVICOS_JULHO_2012.pdf> Acesso em 14 de agosto de 2012.

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS. **Composições de Serviços de Edificações** - Resolução Conjunta SEIL/DER 005/2012. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/custos%20edificacoes/3_COMPOSICOES_JULHO_2012.pdf> Acesso em 14 de agosto de 2012.

GBC. **Green Building Council Brasil**. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/>> Acesso em 15 de agosto de 2012.

HEWAGE, Kasun; BIANCHINI, Fabricio. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. **Building and Environment**, Canadá, V 48 Pg 57 a 65. Ago, 2011. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03601323>> Acesso em: 13 de agosto de 2012

KÖHLER, M.; SCHMIDT, M.; GRIMME, F. W.; LAAR, M.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; TAVARES, S. **Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics**. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA, 18., 7-9 de nov. de 2001, Florianópolis. Proceedings. 2001.

LA PASTINA FILHO, José. **Manual de Conservação de telhados**. 1ª Edição. IPHAN, 2005.

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço**. 5ª edição. Editora Empório do Livro, São Paulo, 2008.

MACHADO, María V. BRITTO, Celina, NEILA Javier. El cálculo de la conductividad térmica equivalente en la cubierta ecológica. **Revista on-line de ANTAC**, v.3, n.3, jul./set. 2003. Disponível em:
<<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3495/1896>> Acesso em: 25 ago. 2012.

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

MORAIS, Caroline S. de, RORIZ, Maurício. **Comparação entre os desempenhos térmicos de cobertura ajardinada e laje comum em guaritas**. ENCAC –COTEDI. Curitiba. Nov , 2003

NASCIMENTO, Wânia C. do. **Coberturas verdes no contexto da região metropolitana de Curitiba – Barreiras e potencialidades**. Dissertação de mestrado. Curitiba: UFPR, PPGCC, 2008.

OSMUNDSON, T. **Roof Gardens – History, Design and Construction**. W.W. Norton & Company, Inc., New York, NY. 1999.

PATRO, Raquel. **Gramados e Forrações**. Disponível em:
<<http://www.jardineiro.net/classe/gramados-e-forracoes>> Acesso em 13 de agosto de 2012.

TAVARES, S.; LAAR, M.; SOUZA, C.; ASSUNÇÃO PAIVA, V. L.; AUGUSTA DE AMIGO, N.; GUSMÃO, F. *et al.* **Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos em cidades de clima tropical**. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído -ENCAC, São Pedro, 6., 11-14 de novembro de 2001.

VECCHIA, Francisco. **Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental**. Encac, Enlacac. Maceio, out. 2005. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_COBERTURA_VERDE_LEVE_ENSAIO_EXPERIMENTAL.pdf> Acesso em: 31 ago. 2012.

WONG, Nyuk H.; TAY, Su F.; WONG, Raymond; ONG, Chui L., SIA, Angelia. Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. **Building and Environment**. V 38 499 – 509 Singapore, Jul, 2002. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132302001312>> Acesso em 10 de outubro de 2012.

REFERÊNCIAS FIGURAS

Ecotelhado. Disponível em:

<<http://www.ecotelhado.com.br/Port/ecotelhado/SistemaModGaloc/default.aspx>>

Acesso em 20 de setembro de 2012.

Flaviense. Disponível em: <<http://www.flaviense.com.br/madeira-mista-vermelha-em-viga-de-29.html>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Guia Verde. Disponível em:

<http://www.guiaverde.com/guia_de_plantas/hedera_canariensis_variegata_767?id_lang=3> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Green Grid Roofs. Disponível em:

<<http://www.greengridroofs.com/inspired/galleries/rooftop.htm>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Green Roof Service. Disponível em: <www.greenroofservice.com> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Heathershimmin. Disponível em: <<http://www.heathershimmin.com/a-brief-history-of-roof-gardens>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

KQM. Disponível em: <<http://www.kqm.com.br/blog.php?category=8&post=545>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

LP Brasil. Disponível em: <<http://www.lpbrasil.com.br/>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

LOWEL, F. C. **A brief history of roof gardens.** Disponível em: <<http://www.heathershimmin.com/a-brief-history-of-roof-gardens>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Monolitho. Disponível em: <<http://monolitho.labin.pro.br/?p=600>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Paisagismo Legal. Disponível em:

<<http://paisagismolegal.blogspot.com.br/2012/03/insetos-no-jardim.html>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Palmasola. Disponível em: <<http://www.palmasola.com.br>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Picasa. Disponível em: <<https://picasaweb.google.com/home>> Acesso em 25 de Agosto de 2012

Pimentas. Disponível em:

<<https://www.pimentas.org/forum/viewtopic.php?f=2&t=2974>> Acesso em 20 de setembro de 2012.

Tiba Rose. Disponível em <<http://www.tibarose.com>> Acesso em 20 de setembro de 2012

Wikipédia. Disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki>> Acesso em 25 de Agosto de 2012.

APÊNDICE A - Composição de custos e peso sistema 01

SISTEMA 01 - LAJE PRÉ-MOLDADA COM TELHA CERÂMICA										CUSTO DO SISTEMA			PESO DO SISTEMA		
Serviço	Un	Qtidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²		
LAJE PRÉ-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/LAIOTAS E CAP C/CONC FC=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	m²	57,60	R\$ 39,18	R\$ 22,86	R\$ 62,04	R\$ 2.256,77	R\$ 1.316,74	R\$ 3.573,50		kg/m²	203,90	11.744,64			
ESTRUTURA DE MADEIRA DE LEI 1A SERRADA NAO APARELHADA, PARA TELHAS CER AMICAS, VAOS 7M ATE 10 M	m²	57,46	R\$ 41,55	R\$ 35,70	R\$ 77,25	R\$ 2.387,46	R\$ 2.051,32	R\$ 4.438,79		m²	28,40	1.631,86			
COBERTURA EM TELHA CERAMICA TIPO ROMANA	m²	57,46	R\$ 13,32	R\$ 16,96	R\$ 30,28	R\$ 765,37	R\$ 974,52	R\$ 1.739,89		m²	41,60	2.390,34			
ALVENARIA EM TIJULO CERAMICO FURADO 10X15X20CM, 1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1-4 (CIMENTO E AREIA)	m²	18,60	R\$ 16,33	R\$ 30,07	R\$ 46,40	R\$ 303,74	R\$ 559,30	R\$ 863,04		kg/m³	1.300,00	2.418,00			
CHAPISCO TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	m²	76,06	R\$ 1,36	R\$ 2,89	R\$ 4,25	R\$ 103,44	R\$ 219,81	R\$ 323,26		kg/m³	2.100,00	798,63			
EMBOCO TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MA NUAL	m²	57,60	R\$ 3,16	R\$ 13,46	R\$ 16,62	R\$ 182,02	R\$ 775,30	R\$ 957,31		kg/m³	2.100,00	1.814,40			
REBOCO PARA TETOS ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA), ESPESSURA 0,5CM PREPARO MECANICO	m²	57,46	R\$ 0,61	R\$ 15,20	R\$ 15,81	R\$ 35,05	R\$ 873,39	R\$ 908,44		kg/m³	2.100,00	603,33			
REBOCO PARA PAREDES ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA) , ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MECANICO	m²	18,60	R\$ 0,61	R\$ 12,81	R\$ 13,42	R\$ 11,35	R\$ 238,27	R\$ 249,61		kg/m³	2.100,00	195,30			
CHAPISCO TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	m²	76,20	R\$ 1,36	R\$ 2,89	R\$ 4,25	R\$ 103,63	R\$ 220,22	R\$ 323,85		kg/m³	2.100,00	800,10			
RUFO EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO N.24, DESENVOLVIMENTO 16CM	ml	22,27	R\$ 11,03	R\$ 4,77	R\$ 15,80	R\$ 245,64	R\$ 106,23	R\$ 351,87		* PESO NÃO COMPUTADO					
CALHA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO N.24, DESENVOLVIMENTO 33CM	ml	4,00	R\$ 16,42	R\$ 8,35	R\$ 24,77	R\$ 65,68	R\$ 33,40	R\$ 99,08		* PESO NÃO COMPUTADO					
PINTURA LATEX PVA AMBIENTES INTERNOS, DUAS DEMAOIS	m²	57,60	R\$ 3,00	R\$ 6,12	R\$ 9,12	R\$ 172,80	R\$ 352,51	R\$ 525,31		* PESO NÃO COMPUTADO					
* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL										R\$ 7.721,01	R\$ 249,55	R\$ 22.396,60	389,37		
** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL										R\$ 6.632,94	R\$ 14.353,95	R\$ 249,55	389,37		

APÊNDICE B - Composição de custos e peso sistema 02

SISTEMA 02 - LAJE PRÉ-MOLDADA COM SOMBREAMENTO		CUSTO DO SISTEMA						PESO DO SISTEMA						
		Un	Qtidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²
Serviço	LAJE PRÉ-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/ LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM IMPERMEABILIZACAO COM MANTA ASFALTICA ESPESSURA 3MM	m²	57,60	R\$ 39,18	R\$ 22,86	R\$ 62,04	R\$ 2.256,77	R\$ 1.316,74	R\$ 3.573,50		kg/m²	203,90	11744,64	
	PROTEGIDA COM FILM E DE ALUMINIO GOFRADO ESPESSURA 0,8MM, INCLUSO EMULSAO ASFALTICA	m²	61,20	R\$ 25,32	R\$ 25,70	R\$ 51,02	R\$ 1.549,58	R\$ 1.572,84	R\$ 3.122,42		kg/m²	5,00	306,00	
	ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO FURADO 10X15X20CM, 1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA)	m²	9,60	R\$ 16,33	R\$ 30,07	R\$ 46,40	R\$ 156,77	R\$ 288,67	R\$ 445,44		kg/m³	1.300,00	1.248,00	
	CHAPISCO EM TETOS TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	m²	81,54	R\$ 1,36	R\$ 2,89	R\$ 4,25	R\$ 110,89	R\$ 235,65	R\$ 346,55		kg/m³	2.100,00	856,17	
	EMBOCO TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MA NUAL	m²	81,54	R\$ 3,16	R\$ 13,46	R\$ 16,62	R\$ 257,67	R\$ 1.097,53	R\$ 1.355,19		kg/m³	2.100,00	2.568,51	
	REBOCO PARA TETOS ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA), ESPESSURA 0,5CM PREPARO MECANICO	m²	57,60	R\$ 0,61	R\$ 15,20	R\$ 15,81	R\$ 35,14	R\$ 875,52	R\$ 910,66		kg/m³	2.100,00	604,80	
	REBOCO PARA PAREDES ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MECANICO	m²	23,94	R\$ 0,61	R\$ 12,81	R\$ 13,42	R\$ 14,60	R\$ 306,67	R\$ 321,27		kg/m³	2.100,00	251,37	
	RUFO EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO N.24,	ml	31,82	R\$ 11,03	R\$ 4,77	R\$ 15,80	R\$ 350,97	R\$ 151,78	R\$ 502,76		kg/m³	* PESO NÃO COMPUTADO		
	ARGILA EXPANDIDA 5CM DE ESPESSURA	m³	2,60	R\$ 346,00		R\$ 346,00	R\$ 899,60	R\$ -	R\$ 899,60		kg/m³	400,00	1.040,00	
	CAMADA DE BRITA P/PROTECAO DA LAJE DE COBERTURA	m³	2,60		R\$ 69,46	R\$ 69,46	R\$ -	R\$ 180,60	R\$ 180,60					
						R\$ 5.631,99	R\$ 6.026,00	R\$ 11.657,99	R\$ 202,68			18.619,49	323,70	

* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL

** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL

APÊNDICE C - Composição de custos e peso sistema 03

SISTEMA 03 - ESTRUTURA EM MADEIRA E TELHA CERÂMICA										CUSTO DO SISTEMA				PESO DO SISTEMA			
Un	Qtidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²					
ESTRUTURA DE MADEIRA DE LEI 1A SERRADA NAO APARELHADA, PARA TELHAS CER AMICAS, VAOS 7M ATE 10 M	m²	57,46	R\$ 41,55	R\$ 35,70	R\$ 77,25	R\$ 2.387,46	R\$ 2.051,32	R\$ 4.438,79	m²	28,40	528,24						
COBERTURA EM TELHA CERAMICA TIPO ROMANA	m²	57,46	R\$ 13,32	R\$ 16,96	R\$ 30,28	R\$ 765,37	R\$ 974,52	R\$ 1.739,89	m²	41,60	2390,336						
ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO FURADO 10X15X20CM.-1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA)	m²	18,60	R\$ 16,33	R\$ 30,07	R\$ 46,40	R\$ 303,74	R\$ 559,30	R\$ 863,04	kg/m³	1.300,00	2.418,00						
CHAPISCO TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	m²	18,60	R\$ 1,36	R\$ 2,89	R\$ 4,25	R\$ 25,30	R\$ 53,75	R\$ 79,05	kg/m³	2.100,00	195,30						
REBOCO PARA PAREDES ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA) , ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MECANICO	m²	18,60	R\$ 0,61	R\$ 12,81	R\$ 13,42	R\$ 11,35	R\$ 238,27	R\$ 249,61	kg/m³	2.100,00	195,30						
EMBOCO TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MA NUAL	m²	18,60	R\$ 3,16	R\$ 13,46	R\$ 16,62	R\$ 58,78	R\$ 250,36	R\$ 309,13	kg/m³	2.100,00	585,90						
RUFO EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO N.24, DESENVOLVIMENTO 16CM	ml	31,82	R\$ 11,03	R\$ 4,77	R\$ 15,80	R\$ 350,97	R\$ 151,78	R\$ 502,76		* PESO NÃO COMPUTADO							
CALHA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO N.24, DESENVOLVIMENTO 33CM	ml	4,00	R\$ 16,42	R\$ 8,35	R\$ 24,77	R\$ 65,68	R\$ 33,40	R\$ 99,08		* PESO NÃO COMPUTADO							
PINTURA VERNIZ EM FORRO DE MADEIRA, DUAS DEMAOS	m²	52,54	R\$ 4,45	R\$ 8,49	R\$ 12,94	R\$ 233,80	R\$ 446,06	R\$ 679,87		* PESO NÃO COMPUTADO							
FORRO DE BEIRAL EM MADEIRA TIPO CEDRINHO, INCLUSO TESTEIRA ALTURA15CM E MEIA-CANA	m²	8,01	R\$ 43,40	R\$ 27,91	R\$ 71,31	R\$ 347,63	R\$ 223,56	R\$ 571,19	kg/m³	500,00	40,05						
FORRO DE MADEIRA TIPO CEDRINHO, LARGURA DAS TABUAS 10CM, ESPESSURA 1CM, EXCLUSIVE ENTARUGAMENTO	m²	44,53	R\$ 23,65	R\$ 14,28	R\$ 37,93	R\$ 1.053,13	R\$ 635,89	R\$ 1.689,02	kg/m³	500,00	222,65						
										R\$ 5.603,21	R\$ 5.618,22	R\$ 11.221,43	R\$ 195,09	6.575,78	114,32		

* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL

** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL

APÊNDICE D - Composição de custos e peso sistema 04

SISTEMA 04 - TELHADO VERDE SISTEMA HEXA												
CUSTO DO SISTEMA					PESO DO SISTEMA							
Un	Qtidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²
		R\$ 107,00	R\$ 16,01	R\$ 1601	R\$ 1.713,07	R\$ -	R\$ 1.713,07		kg/m³	600	722,25	
		R\$ 58,00	R\$ 28,56	R\$ 2856	R\$ -	R\$ 1.656,48	R\$ 1.656,48		**MÃO DE OBRA			
		R\$ 21,00	R\$ 50,60	R\$ 5060	R\$ 1.062,60	R\$ -	R\$ 1.062,60		kg/un	23,00	483,00	
		R\$ 64,00	R\$ 25,32	R\$ 51,02	R\$ 1.620,48	R\$ 1.644,80	R\$ 3.265,28		kg/m²	5	320,00	
		R\$ 23,78	R\$ 17,71	R\$ 1771	R\$ 421,14	R\$ -	R\$ 421,14		kg/m²	10,2	242,56	
		R\$ 0,13	R\$ 346,00	R\$ 34600	R\$ 44,98	R\$ -	R\$ 44,98		kg/m³	400,00	52,00	
		R\$ 58,00	R\$ 87,24	R\$ 8724	R\$ 5.059,92	R\$ -	R\$ 5.059,92		kg/m²	61,00	3.538,00	
		R\$ 696,00		R\$ 0,90	R\$ -	R\$ 626,40	R\$ 626,40		**MÃO DE OBRA			
		R\$ 58,00		R\$ 5,06	R\$ -	R\$ 293,48	R\$ 293,48					
		R\$ 44,53	R\$ 23,65	R\$ 3793	R\$ 1.053,13	R\$ 635,89	R\$ 1.689,02		kg/m³	500,00	222,65	
				R\$ 9.922,19	R\$ 4.221,16	R\$ 15.832,38	R\$ 275,25				5.357,81	93,15

* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL

** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL

APÊNDICE E - Composição de custos e peso sistema 05

SISTEMA 05 - TELHADO VERDE SISTEMA MODULAR		CUSTO DO SISTEMA						PESO DO SISTEMA					
Serviço	Un	Qtidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²
PEÇA DE MADEIRA DE LEI 1A QUALIDADE 5 X 22,5CM (2X5") NAO APARELHADA	ml	107,00	R\$ 16,01		R\$ 16,01	R\$ 1.713,07	R\$ -	R\$ 1.713,07	R\$ 1.713,07	kg/m³	600,00	722,25	
ESTRUTURA DE MADEIRA DE LEI 1A SERRADA NAO APARELHADA, PARA TELHAS CER AMICAS, VAOS ATE 7M	m²	58,00		R\$ 28,56	R\$ 28,56	R\$ -	R\$ 1.656,48	R\$ 1.656,48	R\$ 1.656,48		**MÃO DE OBRA		
PLACA DE COMPENSADO	un	21,00	R\$ 50,60		R\$ 50,60	R\$ 1.062,60	R\$ -	R\$ 1.062,60	R\$ 1.062,60	kg/un	23,00	483,00	
IMPERMEABILIZACAO COM MANTA ASFALTICA ESPESSURA 3MM	m²	64,00	R\$ 25,32	R\$ 25,70	R\$ 51,02	R\$ 1.620,48	R\$ 1.644,80	R\$ 3.265,28	R\$ 3.265,28	kg/m²	5,00	320,00	
PROTEGIDA COM FILM E DE ALUMINIO GOFRADO ESPESSURA 0,8MM, INCLUSO EMULSAO ASFALTICA	m²	23,78	R\$ 17,71		R\$ 17,71	R\$ 421,14	R\$ -	R\$ 421,14	R\$ 421,14	kg/m²	10,20	242,56	
PLACA CIMENTICIA	m³	0,13	R\$ 346		R\$ 346,00	R\$ 44,98	R\$ -	R\$ 44,98	R\$ 44,98	kg/m³	400,00	52,00	
ARGILA EXPANDIDA	m²	58,00	R\$ 80,00		R\$ 80,00	R\$ 4.640,00	R\$ -	R\$ 4.640,00	R\$ 4.640,00				
REVESTIMENTO VIVO - PRONTO PARA PLANTAR- INSTITUTO GEOTEXTIL NAO TECIDO AGULHADO DE FILAMENTOS CONTINUOS 100% POLIESTER RT 09 P/ DRENAGEM TIPOBIDIM OU EQUIV	m²	59,00	R\$ 3,29		R\$ 3,29	R\$ 194,11	R\$ -	R\$ 194,11	R\$ 194,11	kg/m²	80,00	4.640,00	
MUDAS RASTEIRAS DA REGIAO (CX com 12)	un	696,00		R\$ 0,90	R\$ 0,90	R\$ -	R\$ 626,40	R\$ 626,40	R\$ 626,40		**MÃO DE OBRA		
PLANTIO ARBUSTO DE H=0.5 A 0.7M COM 12 UNID/M2, APENAS MÃO DE OBRA, EX CLUSO O FORNECIMENTO DA MUDA E DO ADUBO	m²	58,00		R\$ 5,06	R\$ 5,06	R\$ -	R\$ 293,48	R\$ 293,48	R\$ 293,48				
FORRO DE MADEIRA TIPO CEDRINHO, LARGURA DAS TABUAS 10CM, ESPESSURA 1CM, EXCLUSIVE ENTARUGAMENTO	m²	44,53	R\$ 23,65	R\$ 14,28	R\$ 37,93	R\$ 1.053,13	R\$ 635,89	R\$ 1.689,02	R\$ 1.689,02	kg/m³	500,00	222,65	
						R\$ 9.696,38	R\$ 3.301,28	R\$ 15.606,57	R\$ 271,32			6.459,81	112,31

* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL

** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL

APÊNDICE F - Composição de custos e peso sistema 06

SISTEMA 06 - TELHADO VERDE SISTEMA VERNACULAR		CUSTO DO SISTEMA						PESO DO SISTEMA				
Un	Qtidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²
ml	105,20	R\$ 16,01		R\$ 16,01	R\$ 1.684,25	R\$ -	R\$ 1.684,25		kg/m³	600,00	710,10	
m²	58,00		R\$ 28,56	R\$ 28,56	R\$ -	R\$ 1.656,48	R\$ 1.656,48			**MÃO DE OBRA		
un	21,00	R\$ 50,60		R\$ 50,60	R\$ 1.062,60	R\$ -	R\$ 1.062,60		kg/un	23,00	483,00	
m²	64,00	R\$ 25,32	R\$ 25,70	R\$ 51,02	R\$ 1.620,48	R\$ 1.644,80	R\$ 3.265,28		kg/m²	5,00	320,00	
m²	23,78	R\$ 17,71		R\$ 17,71	R\$ 421,14	R\$ -	R\$ 421,14		kg/m²	10,20	242,56	
m²	58,00	R\$ 3,29		R\$ 3,29	R\$ 190,82	R\$ -	R\$ 190,82					
m³	1,74	R\$ 346		R\$ 346,00	R\$ 602,04	R\$ -	R\$ 602,04		kg/m²	95	55,10	
m³	2,85	R\$ 235,00		R\$ 235,00	R\$ 669,75	R\$ -	R\$ 669,75					
un	696,00	R\$ 0,90		R\$ 0,90	R\$ 626,40	R\$ -	R\$ 626,40					
m²	58,00		R\$ 5,06	R\$ 5,06	R\$ -	R\$ 293,48	R\$ 293,48			**MÃO DE OBRA		
					R\$ 6.877,49	R\$ 3.594,76	R\$ 10.472,25	R\$ 182,06			7.265,66	126,32

* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL

** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL

APÊNDICE G - Composição de custos e peso sistema 07

SISTEMA 07 - TELHADO VERDE - VERNACULAR COM LAJE		CUSTO DO SISTEMA						PESO DO SISTEMA				
Un	Quantidade	Custo MA	Custo MO	CustoTotal	Total MA	Total MO	TOTAL	CUSTO M²	Un	Peso	Total	PESO kg/m²
LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/LAIOTAS E CAP. C/CONC FCK=20MPA, 4CM, (INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	m²	57,60 R\$	39,18 R\$	22,86 R\$	62,04 R\$	2.256,77 R\$	1.316,74 R\$	3.573,50 R\$	kg/m²	203,90	11744,64	
ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO FURADO 10X15X20CM, 1/2 VEZ, ASSENTADO EM ARGAMASSA TRACO 1:4 (CIMENTO E AREIA)	m²	9,60 R\$	16,33 R\$	30,07 R\$	46,40 R\$	156,77 R\$	288,67 R\$	445,44 R\$	kg/m³	1.300,00	1.248,00	
CHAPISCO EM TETOS TRACO 1:3 (CIMENTO E AREIA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MANUAL	m²	81,54 R\$	1,36 R\$	2,89 R\$	4,25 R\$	110,89 R\$	235,65 R\$	346,55 R\$	kg/m³	2.100,00	856,17	
EMBOCO TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA), ESPESSURA 1,5CM, PREPARO MA NUAL	m²	81,54 R\$	3,16 R\$	13,46 R\$	16,62 R\$	257,67 R\$	1.097,53 R\$	1.355,19 R\$	kg/m³	2.100,00	2.568,51	
REBOCO PARA TETOS ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA), ESPESSURA 0,5CM PREPARO MECANICO	m²	57,60 R\$	0,61 R\$	15,20 R\$	15,81 R\$	35,14 R\$	875,52 R\$	910,66 R\$	kg/m³	2.100,00	604,80	
REBOCO PARA PAREDES ARGAMASSA TRACO 1:4:5 (CAL E AREIA FINA PENEIRADA), ESPESSURA 0,5CM, PREPARO MECANICO	m²	23,94 R\$	0,61 R\$	12,81 R\$	13,42 R\$	14,60 R\$	306,67 R\$	321,27 R\$	kg/m³	2.100,00	251,37	
IMPERMEABILIZACAO COM MANTA ASFALTICA ESPESSURA 3MM PROTEGIDA COM FILM E DE ALUMINIO GOFRADO ESPESSURA 0,8MM, INCLUSO EMULSAO ASFALTICA	m²	61,20 R\$	25,32 R\$	25,70 R\$	51,02 R\$	1.549,58 R\$	1.572,84 R\$	3.122,42 R\$	kg/m2	5,00	306,00	
RUFO EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO N.24.	ml	31,82 R\$	11,03 R\$	4,77 R\$	15,80 R\$	350,97 R\$	151,78 R\$	502,76 R\$		* PESO NÃO COMPUTADO		
GEOTEXTIL NAO TECIDO AGULHADO DE FILAMENTOS CONTINUOS 100% POLIESTER RT 09 P/ DRENAGEM TIPOBIDIM OU EQUIV	m²	58,00 R\$	3,29 R\$		3,29 R\$	190,82 R\$	- R\$	190,82 R\$				
ARGILA EXPANDIDA	m³	1,74 R\$	RS 346		RS 346,00 R\$	602,04 R\$	- R\$	602,04 R\$				
SUBSTRATO	m³	2,85 R\$	RS 235,00		RS 235,00 R\$	669,75 R\$	- R\$	669,75 R\$				
MUDAS RASTEIRAS DA REGIAO (CX com 12)	un	696,00 R\$	0,90 R\$		RS 0,90 R\$	626,40 R\$	- R\$	626,40 R\$		95	5510	
PLANTIO ARBUSTO DE H=0,5 A 0,7M COM 12 UNID/M2, APENAS MÃO DE OBRA, EX CLUSO O FORNECIMENTO DA MUDA E DO ADUBO	m²	58,00 R\$		5,06 R\$	5,06 R\$	- R\$	293,48 R\$	293,48 R\$		**MÃO DE OBRA		
					R\$ 6.821,40	R\$ 6.138,88	R\$ 12.960,28	R\$ 225,32			23.089,49	401,42

* PESO NÃO COMPUTADO POR NÃO INFLUENCIAR DE FORMA SIGNIFICATIVA NO PESO TOTAL.

** CUSTO APENAS DE MÃO DE OBRA, SEM MATERIAL