



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

LAYLA CARRIJO DOS SANTOS

**ANÁLISE DO CUSTO BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA
CONSTRUTIVO DE TELHADO VERDE EM UMA EDIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE BARRA DO GARÇAS - MT**

Barra do Garças

2018

LAYLA CARRIJO DOS SANTOS

**ANÁLISE DO CUSTO BENEFÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA
CONSTRUTIVO DE TELHADO VERDE EM UMA EDIFICAÇÃO NO
MUNICÍPIO DE BARRA DO GARÇAS - MT**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.º Esp. Jéssica Nathália Florêncio
Zampieri

Barra do Garças

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

C316a Santos, Layla Carrijo dos.
Análise do custo benefício da implantação do sistema construtivo de telhado verde em uma edificação no município de Barra do Garças - MT / Layla Carrijo dos Santos. -- 2018
93 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Prof.º Esp. Jéssica Nathália Florêncio Zampieri.
TCC (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças, 2018.
Inclui bibliografia.

1. telhado verde. 2. cobertura verde. 3. sustentabilidade.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO
TRABALHO DE CURSO DO CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL**

ALUNO(A): Layla Carrijo dos Santos

Aos vinte e quatro dias do mês de setembro do ano de dois mil e dezoito, às sete horas e trinta minutos, na Sala 223, do Campus Universitário do Araguaia - UFMT na cidade de Barra do Garças, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a). **Layla Carrijo dos Santos**. A banca foi composta pelos seguintes professores: orientador Prof. Especialista Jéssica Nathália Florêncio Zampieri, Prof Esp. Moisés Freitas Gomes Junior, Prof. Especialista Igor Aureliano Miranda Silva Campos sob a presidência da primeira. O Trabalho de Curso tem como título **Análise do custo benefício da implantação do sistema construtivo de telhado verde em uma edificação no Município de Barra do Garças-MT**. Após explanação no prazo regulamentar o(a) aluno(a) foi interrogado pelos componentes da banca. Terminada a etapa, os membros, de forma confidencial avaliaram o(a) aluno(a) e conferiram o(a) mesmo(a) o seguinte resultado Aprovada, proclamado pelo presidente da sessão. Dados por encerrados os trabalhos, lavrou-se a presente Ata, que será assinada pela banca e pelo(a) aluno(a).

Barra do Garças, 24 de setembro de 2018.

Aluno(a): Layla Carrijo dos Santos

Banca:

Jéssica Nathália S. Zampieri
Prof. . Especialista Jéssica Nathália Florêncio Zampieri (orientadora)
Universidade Federal de Mato Grosso

Moisés Freitas Gomes Junior
Profa. Esp. Moisés Freitas Gomes Junior (membro)
Universidade Federal de Mato Grosso

Igor A. M. S. Campos
Prof. Esp. Igor Aureliano Miranda Silva Campos (membro)
Universidade Federal de Mato Grosso

Em memória a minha querida avó Luzia de Souza Carrijo, grande responsável pela pessoa que eu me tornei.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, Lacy e Zaqueu, por todo apoio, paciência e confiança ao longo da minha graduação. Sem vocês nada disso seria possível. Espero poder recompensá-los e que sintam orgulho da sua filha.

A todos os meus familiares que de alguma forma me ajudaram durante a minha caminhada.

A minha Orientadora, Prof. Esp. Jéssica Zampieri, pelo estímulo, crédito e paciência, tão importante para realização do trabalho. Obrigada por guiar meu caminho nas direções certas durante os momentos de maior dificuldade, por ser um exemplo de mulher e profissional, que apesar de acumular funções, não deixa de lutar por nenhum dos seus alunos.

A Universidade Federal de Mato Grosso, o curso de Engenharia Civil e todo o quadro de professores, pelos ensinamentos passados, cada um de sua maneira, durante esses anos.

Aos meus amigos Mariana Korndörfer e Vinícius Santana, que mesmo de longe durante esse período sempre me apoiaram e me escutaram durante os momentos difíceis.

Aos meus amigos Carol, Caike, Dieison Chapadão, Gabriel Imaculado, Gabriel Justina, João Augusto, Júlia, Manoel Jamal, Matheus Messias, Rodrigo Lizzi, Ronaldo e Victor Hugo, sempre presentes nos momentos bons e nos momentos de dificuldade, pelo incentivo e pela história que construímos durante esses anos.

A toda a minha turma 'V Louca', presente nos momentos de estudo e descontração, que fez da minha graduação um período mais leve.

A todos que de alguma forma me ajudaram e apoiaram de alguma forma e não foram citados.

" Se você não gosta do seu destino, não aceite. Em vez disso, tenha a coragem de o mudar do jeito que você quer que seja."

Uzumaki Naruto

RESUMO

A redução das áreas verdes nas cidades devido ao crescimento urbano colabora no processo de degradação ambiental. Sendo assim, torna-se necessária a busca de alternativas sustentáveis de construção que diminuam os impactos causados no meio ambiente. Desta forma, o sistema de telhado verde surge como alternativa de minimizar os efeitos da degradação ambiental, como as ilhas de calor. O trabalho tem como objetivo, através de revisão bibliográfica, definir e apresentar as vantagens e desvantagens de telhados verdes extensivos, comparar o desempenho em relação ao conforto térmico de sistemas construtivos tradicionais e sistemas construtivos de telhado verde extensivos e, ao final, fazer uma análise comparativa de custos entre sistemas de telhados verdes e um sistema tradicional. A comparação de custos com a intenção de verificar a viabilidade econômica da implantação de um telhado verde na cidade de Barra do Garças, MT, foi realizada através da composição do orçamento da cobertura de cada sistema através da tabela SINAPI e de dados fornecidos por empresas especializadas, utilizando de base a mesma residência padrão. Conclui-se que a aplicação do telhado verde tem custo inicial na faixa de 32% maior que um sistema tradicional, mas torna-se viável na cidade quando se considera seus benefícios a longo prazo, como a economia de energia gerada e o aumento da vida útil da cobertura, além de todos os benefícios ambientais gerados.

Palavras-chave: telhado verde, cobertura verde, sustentabilidade, análise de custos.

ABSTRACT

The reduction of green areas in cities caused by urban growth contributes to the process of environmental degradation. Therefore, it is necessary to search for sustainable alternatives for construction that will reduce the impacts caused on the environment. In this way, the green roof system appears as an alternative to minimize the effects of environmental degradation, such as heat islands. The objective of this work, through bibliographic review, is to define and present the advantages and disadvantages of extensive green roofs, to compare the performance regarding to the thermic comfort of traditional systems and extensive green roof systems and, finally, to perform a cost analysis comparison between green roof systems and a traditional system. The comparison of costs with the intention to verify the economic viability of the implantation of a green roof in the city of Barra do Garças, MT, was made through the composition of the cost estimation of the coverage of each system through the SINAPI table and data provided by specialized companies, using the same standard residence basis. It is concluded that the application of the green roof has an initial cost in the range of 32% bigger than a traditional system, but becomes viable in the city when it considers its long-term benefits, such as the energy savings generated and the increase in the life cycle of the coverage, in addition to all the environmental benefits generated.

Keywords: green roof, green coverage, sustainability, cost analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de cobertura de uma residência usando telhas de fibrocimento.....	20
Figura 2 - Construção residencial utilizando telha do tipo cerâmica.....	21
Figura 3 - Cobertura em arco da Escola Municipal Jardim de Ipanema, São Paulo, SP.....	23
Figura 4 - Mudanças de temperatura observadas globalmente.....	26
Figura 5 - Versão termográfica apresenta as diferenças de temperatura entre telhado verde e telhado convencional sobre a Prefeitura de Chicago.....	28
Figura 6 - Ilustração dos cenários: atual, um ano e dez anos após a Lei de instalação dos telhados verdes na cidade de Toronto.	30
Figura 7 - Telhados verdes localizados na Alemanha.....	31
Figura 8 - Camadas do telhado verde extensivo.....	33
Figura 9 - Execução da impermeabilização com material sintético.....	34
Figura 10 - Exemplo de camadas do telhado verde a partir para impermeabilização.....	35
Figura 11 - Telhado verde no Campus Brasília do Instituto Federal de Brasília (IFB).....	36
Figura 12 - Representação em corte da cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado.....	38
Figura 13 - Representação em corte da cobertura verde do tipo Alveolar Leve.....	39
Figura 14 - Comparação da demanda diária média de energia devido ao fluxo de calor através de um telhado verde e um telhado convencional em Ottawa, Canadá.....	42
Figura 15 - Telhado verde acessível aos ocupantes do edifício.....	46
Figura 16 - Prédio 5 da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, campus central PUCRS após a implantação do telhado vivo em 2010.....	54
Figura 17 - Mapa da cidade de Barra do Garças - MT.....	63
Figura 18 - Representação dos sistemas de cobertura estudados.....	64
Figura 19 - Representação das camadas de um telhado verde.....	67
Figura 20 - Cobertura em laje pré-moldada e telha de fibrocimento.....	72

Figura 21 - Laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado.....	74
Figura 22 - Sistema 03 - laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Leve.....	75
Figura 23 - Laje pré-moldada com cobertura verde moldada in loco.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução do número de artigos em revistas internacionais contendo as palavras “desenvolvimento sustentável” no título, no resumo ou nas palavras-chave.....	24
Gráfico 2 - Variações da superfície e de suas temperaturas atmosféricas.	27
Gráfico 3 - Temperaturas do ar exterior dos dias 4 a 10 de outubro de 2004 na cidade de São Carlos - SP.	52
Gráfico 4 - Temperaturas superficiais internas (tsi) dos cinco protótipos analisados.	53
Gráfico 5 - Temperatura interna do ar das células-teste.	56
Gráfico 6 - Modelo de gráfico para análise de custo dos sistemas de cobertura.	66
Gráfico 7 - Posicionamento dos autores na interferência da cobertura verde na climatização interna de ambientes internos.	71
Gráfico 8 - Análise de custo dos sistemas escolhidos.....	78
Gráfico 9 - Representação do custo dos componentes de cada sistema em porcentagem.	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Camadas do telhado verde e principais materiais de execução.... 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de fluxo de calor de diferentes materiais de cobertura existentes no mercado.	19
Tabela 2 - Características de telhados verdes extensivos e intensivos.	32
Tabela 3 - As 10 maiores precipitações em diferentes partes do Rio de Janeiro, Brasil, de 1997 a março de 2001.....	44
Tabela 4 - Total de água escoada medida através de experimento	45
Tabela 5 - Comparação dos dados obtidos dos sistemas de cobertura analisados ao longo do período de ensaio.	53
Tabela 6 - Comparação de temperaturas antes e depois da instalação do sistema de telhado vivo.	55
Tabela 7 - Modelo de tabela de custos.	65
Tabela 9 - Custo Laje pré-moldada com telha de fibrocimento.....	73
Tabela 10 - Custo Laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado.....	74
Tabela 11 - Custo Laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Leve.....	75
Tabela 12 - Custo Laje pré-moldada com cobertura verde moldada <i>in loco</i>	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. JUSTIFICATIVA	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1 TELHADOS TRADICIONAIS	18
4.1.1 Telhado de fibrocimento	19
4.1.2 Telhado de telha cerâmica	21
4.1.3 Telhado de alumínio	22
4.2 CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE	24
4.3 CLIMATIZAÇÃO	26
4.4 O HISTÓRICO DA IMPLANTAÇÃO DO TELhado VERDE .	28
4.5 TELhado VERDE E SUAS ETAPAS DE EXECUÇÃO	32
4.5.1 Impermeabilização de estruturas	36
4.5.2 Modelos de sistemas de telhado verde comercializados pela empresa EcoTelhado	37
4.5.2.1 Cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado...	37
4.5.2.2 Cobertura verde do tipo Modular Alveolar Leve	39
4.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO TELhado VERDE	40
4.6.1 Benefícios do uso do telhado verde	40
4.6.1.1 Isolamento térmico e economia de energia	40
4.6.1.2 Diminuição dos efeitos das Ilhas de Calor	42
4.6.1.3 Armazenamento de água	43
4.6.1.4 Espaço verde e habitat	45
4.6.1.5 Qualidade do ar	47
4.6.1.6 Vida útil da cobertura	47
4.6.2 Desvantagens do uso de telhado verde	48
4.6.2.1 Falta de conhecimento	48

4.6.2.2	Pouca informação sobre os custos	49
4.6.2.3	Falta de incentivo para implantação	49
4.6.2.4	Problemas técnicos, riscos e incertezas	50
4.7	NBR 15575 – CONFORTO TÉRMICO.....	50
4.8	INTERFERÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE COMO PROPOSTA DE REDUÇÃO TÉRMICA SE COMPARADA A UTILIZAÇÃO DE TELHADO CONVENCIONAL	51
4.8.1	Cobertura verde na Cidade de São Carlos - SP.....	51
4.8.2	Telhado vivo na cidade de Porto Alegre - RS	54
4.8.3	Cobertura Verde Utilizando grama Braquiária na Cidade de São Carlos -SP	56
4.9	ORÇAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO.....	57
4.9.1	Tipologia de orçamentos	58
4.9.2	Composição orçamentária	59
4.9.2.1	Custos diretos.....	59
4.9.2.2	Custos indiretos	60
4.9.3	Tabela SINAPI.....	61
5.	METODOLOGIA.....	61
5.1	PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	63
5.1.1	Definição da edificação	63
5.1.2	Proposta de alteração da cobertura da edificação.....	64
5.1.3	Método de análise comparativa de dados.....	65
6.	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	66
6.1	DEFINIÇÃO DO TELHADO VERDE E SEUS ELEMENTOS .	66
6.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS DE EDIFICAÇÕES COM TELHADO VERDE	68
6.3	INTERFERÊNCIA DA CLIMATIZAÇÃO INTERNA DE AMBIENTES	70
6.4	CUSTOS DO TELHADO VERDE EM UMA EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE BARRA DO GARÇAS - MT	71

6.4.1 Sistema 01 - laje com cobertura em telha de fibrocimento	
72	
6.4.2 Sistema 02- laje pré-moldada com cobertura verde do tipo extensiva (Modular Alveolar Grelhado)	73
6.4.3 Sistema 03 - laje pré-moldada com cobertura verde do tipo extensiva (Alveolar Leve).....	74
6.4.4 Sistema 04 - laje com cobertura verde moldada in loco	
76	
6.4.5 Análise comparativa de custos.....	77
7. CONCLUSÃO.....	80
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
APÊNDICE A	89
APÊNDICE B	90
APÊNDICE C	91
APÊNDICE D	92
ANEXO I.....	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais observados recentemente, produto do crescente processo de industrialização promovido pelo homem, tem recebido cada vez mais atenção da sociedade.

A construção civil tem papel fundamental no desenvolvimento econômico de um país, e está também associada à uma das indústrias que mais gera resíduos, consome energia e utiliza dos recursos naturais da Terra. Um dos seus principais desafios atualmente, quando se fala de construção sustentável, é buscar meios de reduzir os resíduos e consumo de energia durante seu exercício, bem como minimizar os impactos e contribuir com a qualidade de vida da população.

A fim de apresentar novas tecnologias construtivas em meio aos desafios da construção sustentável associados com o grande crescimento das zonas urbanas e de suas áreas impermeáveis (telhados, pavimentos asfálticos, concentração de edifícios), surge como alternativa de uma construção ecológica o telhado verde, que consiste basicamente em uma cobertura vegetal aplicada sobre o teto de uma edificação (TONIAL et al., 2017).

Segundo Snodgrass e McIntyre (2010), telhados verdes, também conhecidos como coberturas verdes, telhados vivos ou eco telhados, são coberturas de edifícios que utilizam plantas para melhorar sua performance e aparência. A vegetação pode variar de pequeno a grande porte, o que vai definir sua classificação entre telhado verde intensivo ou extensivo.

A utilização dos telhados verdes é relevante em relação à economia de energia que pode ser gerada, a retenção de água das chuvas, a climatização e redução de ruídos do ambiente interno de edifícios, a proteção eficaz contra a radiação solar e a captação dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa gerados pela poluição, que contribui para melhorar a qualidade de vida na zona urbana. (BALDESSAR, 2012).

Neste contexto, a problemática resultante é, se é possível implantar um sistema eficiente de telhado verde no município de Barra do Garças - MT, e se esse se mostra como uma alternativa de custo viável.

Desta forma, essa pesquisa busca analisar a viabilidade do uso de telhados verdes em edificações no município de Barra do Garças - MT, bem como definir o que é um telhado verde, identificar seus elementos, apresentar as vantagens e desvantagens em relação a aplicação dessa técnica, avaliar a interferência na climatização de ambientes internos de edifícios e identificar seus custos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade do uso de telhado verde em uma edificação no município de Barra do Garças - MT.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir o que é telhado verde e identificar os elementos presentes em sua estrutura;
- Apresentar as vantagens e desvantagens de uma edificação que possui telhado verde;
- Avaliar a interferência do telhado verde na climatização do ambiente interno do edifício;
- Identificar os custos do telhado verde como cobertura em uma edificação no município de Barra do Garças-MT.

3. JUSTIFICATIVA

Temas relacionados com a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável tem sido discutidos ao longo dos anos em diversas conferências, como o Relatório de *Brundtland* em 1987, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano (RIO 92), e mais recentemente, pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC),

órgão que reúne cientistas de todo o mundo, responsável por avaliações regulares sobre as mudanças, a principal referência do tema em nível internacional. (TORGAL; JALALI, 2010).

As mudanças climáticas da Terra podem causar alguns riscos consideráveis quando se fala no aumento das temperaturas na faixa de 1 ou 2°C acima dos níveis industriais (RELATÓRIO DO IPCC, 2014). Essa variação força a indústria da construção civil a procurar novas opções para amenizar o desconforto térmico no ambiente interno de construções.

A construção civil deve buscar atender as necessidades de conforto do usuário, dentre eles o seu conforto térmico. Na concepção de Frota e Schiffer (2001) “o homem tem melhores condições de vida e saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico.”

As variações climáticas associadas ao clima da região induz o aumento do uso de equipamentos para reduzir o desconforto térmico e melhorar a umidade do ar durante os períodos de elevadas temperaturas, como o uso de condicionadores de ar e umidificadores.

Nesse cenário, o telhado verde tem sido usado como uma alternativa sustentável de reduzir a sensação térmica no interior de edifícios, e consequentemente colaborar com a preservação ambiental, já que, segundo Sjöström (1999) os números podem variar de acordo com o país mas, situando rapidamente o problema, a indústria da construção civil consome aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais, é responsável por aproximadamente 30% das emissões de CO₂ e gera 40% dos resíduos produzidos por todo o conjunto de atividades humanas.

Na concepção de Vergara, Pippi e Barbosa (2009), o conceito de telhado verde pode ser definido como:

(...) um teto vivo com plantas, conformando assim um jardim sobre a cobertura das edificações e contribuindo também ao incremento das áreas verdes no meio urbano. Constituem-se de uma cobertura de vegetal plantada em solo leve, uma barreira contra raízes, um reservatório de drenagem, e uma membrana à prova de água.

A utilização dos telhados verdes mostra-se notável quando se fala da economia de energia que pode ser gerada. Pode-se destacar também que a

cobertura verde capta dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa gerados pela poluição, o que contribui para melhorar a qualidade de vida na zona urbana.

Diante de tudo o que foi citado, entende-se a importância de estudos e pesquisas relacionados a alternativas sustentáveis no campo da engenharia civil. Pensando no conforto e bem-estar do ser humano, o telhado verde surge como uma alternativa que sanar as dificuldades com conforto térmico apresentadas e garantir qualidade de vida e comodidade ao ser humano.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 TELHADOS TRADICIONAIS

A principal função de um telhado é proteger uma edificação contra as ações da natureza, como ventos, chuvas e irradiação solar, por exemplo. De acordo com Savi (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.

O modelo português de cobertura (telha cerâmica sobre estruturas de madeira) ainda é um dos mais utilizados atualmente na cultura brasileira, mais em função do preço do que da qualidade. O uso de lajes de concreto planas, apesar de ser pouco difundidas em residências padrão, foi difundido no Brasil no contexto do modernismo por arquitetos de renome, tornando-se mais tarde referência para a arquitetura brasileira. (SAVI, 2012).

Segundo Peralta (2006) a escolha do tipo de material utilizado para a cobertura de um edifício interfere no conforto térmico e consumo de energia do ambiente. O profissional da construção civil é responsável pelo bom desempenho térmico da construção, sendo ele o encarregado de conhecer as variáveis climáticas da região e sua relação com as propriedades térmicas dos materiais a serem utilizados. Sendo o comportamento térmico de diferentes materiais um importante fator para a escolha do tipo de cobertura, Marko (2008)

apresentou, na Tabela 1, valores de fluxo de calor de acordo com alguns dos principais elementos presentes no mercado.

Tabela 1 - Valores de fluxo de calor de diferentes materiais de cobertura existentes no mercado.

	Coberturas	Fluxo de Calor (W/m ²)
1	cimento amianto	197
2	concreto pré-moldado	173
3	alumínio	108
4	aço z incado c/ 0,5mm de espessura	108
5	aço pré-pintado branco	81
6	roll-on c/ 0,65mm de espessura	71,2
7	alumínio + poliuretano	25
8	aço z incado + poliuretano	25
9	aço z incado + lâ de rocha	24
10	aço z incado + lâ de vidro	21

Fonte: Marko (2008).

Os dados apresentados na Tabela 1 apontam o desempenho inadequado das coberturas de cimento amianto, concreto e alumínio, principais materiais usados para cobertura de edificações.

4.1.1 Telhado de fibrocimento

As telhas de fibrocimento surgiram no mercado com o objetivo de substituir as telhas de cimento amianto, que possui substâncias tóxicas. Tonoli (2006) afirma que essa substituição por materiais menos danosos à saúde deu-se início durante os anos seguintes à Segunda Guerra Mundial, devido à escassez de fibras de amianto. A Austrália foi o primeiro país a produzir telhas livres de amianto, utilizando materiais alternativos como fibras vegetais, sendo seguida por outros países como a Nova Zelândia.

Uma das fabricantes de telhas de fibrocimento no Brasil é a empresa Brasilit. De acordo a Brasilit (2013), suas telhas são compostas por Cimento Portland, Carbonato de Cálcio, celulose vegetal e fios de reforço de origem orgânica (polipropileno). Na Figura 1 é possível observar a cobertura de uma residência que utiliza telhas de fibrocimento.

Figura 1 - Exemplo de cobertura de uma residência usando telhas de fibrocimento.



Fonte: Brasilit (2013).

A Brasilit (2013) também discorre sobre o conforto térmico de edificações usando telhas de fibrocimento. Um bom sistema de ventilação que permite a circulação do ar nas proximidades da telha pode ajudar a diminuir a temperatura superficial, proporcionando melhor conforto.

Em relação às desvantagens desse tipo de cobertura, Brito e Paulo (2004) listam algumas delas, incluindo:

- A telha é composta por material frágil, portanto sua colocação deve ser feita com cuidado para evitar acidentes;
- Em relação à estética, esse tipo de telha é utilizada em lugares que a mesma ficará escondida por outra estrutura;
- Em caso de danos causados à uma chapa de fibrocimento, a substituição da chapa é mais complicada em relação a telhas cerâmicas, por exemplo.

Estudos realizados por Savi (2012) sobre a eficiência térmica de diversos tipos de cobertura mostrou que a eficiência telha de fibrocimento é inferior a

outros tipos de cobertura, como a laje de concreto, possui grandes amplitudes térmicas e dissipa rapidamente o calor, por se tratar de um material relativamente fino.

4.1.2 Telhado de telha cerâmica

O cenário atual do mercado da construção civil oferece cada vez mais uma maior variedade de telhas, compostas por diversos tipos de materiais. Bastos (2003) afirma que as telhas cerâmicas foram difundidas na América quando trazidas através dos colonizadores Europeus, e no Brasil esse tipo de material é utilizado desde o descobrimento. Apesar de antigo, o processo de fabricação das telhas cerâmicas sofreu poucas alterações. A técnica utilizada atualmente foi desenvolvida na década de 1950, a fim de modernizar e melhorar sua produtividade. Na Figura 2 é possível observar uma construção com cobertura de telha cerâmica.

Figura 2 - Construção residencial utilizando telha do tipo cerâmica.



Fonte: Só Telhas (2018).

As telhas cerâmicas são comumente colocadas sobre uma base de madeira, sendo o forro do interior executado em materiais de gesso, PVC e madeira, por exemplo. Segundo Ferraz (2012), a cobertura de telha cerâmica com forro de PVC, utilizada usualmente em habitações populares, possui baixa condutividade térmica.

As vantagens desse sistema incluem, segundo Brito e Paulo (2004), a qualidade estética e a variedade de formas e estilos do material, o bom desempenho diante das mais adversas condições atmosféricas e o baixo custo da matéria-prima. Brito e Paulo (2004) também apresentam as desvantagens das coberturas de telhas cerâmicas, que incluem o elevado desperdício durante os processos de fabricação, transporte e aplicação, a exigência de mão-de-obra especializada para se atingir um resultado final satisfatório e a necessidade de outros elementos para completar a estrutura do telhado, como rufos e calhas e isolamento térmico.

4.1.3 Telhado de alumínio

De acordo com Dias (2011), o desenvolvimento do setor das construções metálicas gerou um aumento do investimento das indústrias em novas tecnologias e estratégias, visando a conquista e satisfação de novos consumidores, principalmente quando se fala em estratégias para otimização do desempenho térmico no interior de edificações que utilizam esse tipo de cobertura.

Segundo Peralta (2006), as coberturas de materiais metálicos apresentam grande deficiência térmica, transformando-se em painéis radiantes durante o verão e alcançando temperaturas superficiais superiores a 60°C.

Em casos de uso incorreto desse tipo de material, para amenizar a temperatura interna do ambiente interno da edificação, são adotados meios de resfriamento que utilizam energia elétrica, aumentando significativamente seu consumo. Esse tipo de sistema de cobertura é utilizado principalmente em edifícios com extensas áreas construídas, como galpões e fábricas (DIAS, 2011). Na Figura 3 pode-se observar uma cobertura de alumínio em uma escola na cidade de São Paulo.

Figura 3 - Cobertura em arco da Escola Municipal Jardim de Ipanema, São Paulo, SP.



Fonte: Dias (2011).

Brito e Paulo (2004) listam algumas das desvantagens desse tipo de cobertura, incluindo:

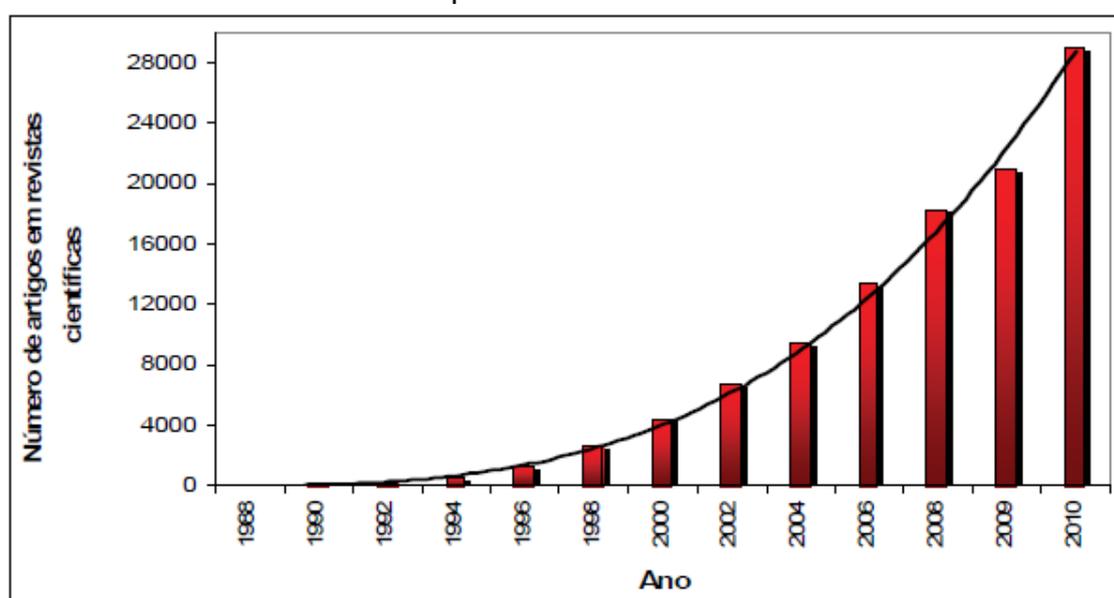
- Não garante, sozinha, o isolamento térmico e acústico da edificação;
- Aspecto estético inferior quando comparado com alguns tipos de coberturas;
- Requer cuidados referentes a acabamento e proteção do metal base, pois o material é sensível a ambientes agressivos.

Para que coberturas metálicas em geral possam apresentar um bom desempenho, os materiais devem ter características como leveza, resistência a intempéries, elevada resistência mecânica, facilidade de implantação, impermeabilidade, aspecto estético satisfatório e baixo custo. O profissional da engenharia deve escolher bem o tipo de telha metálica a ser utilizado, de acordo com a finalidade da obra e sua forma. (DIAS, 2011).

4.2 CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE

Torgal e Jalali (2010) apresentam indícios comparativos que, a partir do Relatório de *Brundtland* (1987), que apresentou pela primeira vez o termo “desenvolvimento sustentável”, houve um crescimento significativo de pesquisas com os deferidos termos no título, no resumo e nas palavras-chave de artigos publicados em diversas revistas científicas internacionais, como apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Evolução do número de artigos em revistas internacionais contendo as palavras “desenvolvimento sustentável” no título, no resumo ou nas palavras-chave.



Fonte: Torgal e Jalali (2010).

Através da leitura do gráfico é possível observar que nos anos iniciais apresentados existiram poucos artigos relacionados ao desenvolvimento sustentável, e ao longo dos anos essa curva teve um crescimento considerável chegando a uma projeção de aproximadamente 28 mil artigos no ano de 2010, o que mostra bem a dedicação da comunidade científica ao tema. O conceito de sustentabilidade mostra-se importante e deve procurar focar no equilíbrio entre o bem-estar humano e os impactos causados pelo homem.

No Brasil, 84,4% da população vive em zonas urbanas (IBGE, 2010). Essa movimentação da população das zonas rurais para as grandes cidades provocou o crescimento desordenado das cidades, aumento das construções,

grandes mudanças na paisagem e o surgimento das chamadas ilhas de calor. (COLTRI, 2006).

Grande parte do desenvolvimento dos países está associado à sua área urbana. Para Barbosa (2008) a maioria dos países desenvolvidos e países em desenvolvimento estão explorando seus recursos naturais ao limite e, dependendo do nível de industrialização de cada país, os problemas se diferenciam.

A Construção Civil, que segundo a Construbusiness (2016) é responsável por 11,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, tem como objetivo atender as necessidades básicas de moradia da população, e esta vem sendo estudada e aprimorada ao longo dos anos para tornar as técnicas e processos construtivos mais eficientes e vantajosos. Zampieri (2018) explica que “surge aí o maior desafio da sustentabilidade: preservar e manter o desenvolvimento tecnológico sem exaurir os recursos naturais do planeta.”

Para Pinheiro (2003) a Construção Sustentável é, ainda hoje, um conceito novo para a Indústria da Construção Civil, e ainda o conceito dispõe de múltiplas perspectivas e formas de interpretar de acordo com as diferentes correntes. Araújo (2007) define o termo Construção sustentável como:

Construção Sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

A indústria da Construção Civil vai aos poucos buscando alternativas sustentáveis de construção. Segundo Florim e Quelhas (2005), o despertar da preocupação pela degradação ambiental causada pela construção civil força as empresas no mercado a procurar opções sustentáveis e inovadoras que viabilizem sua sobrevivência no mercado.

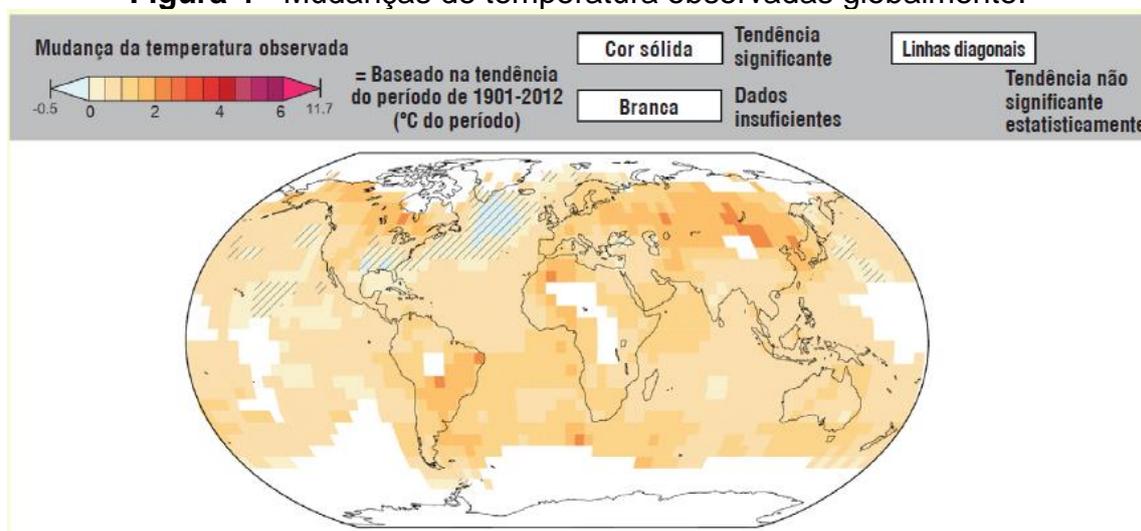
Dentro do contexto da sustentabilidade na construção civil, um dos desafios enfrentados é de como solucionar de forma inteligente o problema do conforto térmico em edificações, visto que existem parâmetros relativos às condições de conforto térmico que precisam ser atendidas. Para tanto, o tópico seguinte abordará o tema acima problematizado.

4.3 CLIMATIZAÇÃO

O conceito de climatização de ambientes é definido por Frota e Schiffer (2003) como a capacidade do profissional de adequar o projeto ao clima de um determinado local, possibilitando aos ocupantes condições de conforto, tentando amenizar climas muito rígidos como os de excessivo calor, frio ou ventos. O desempenho térmico ainda depende de vários fatores, como a oscilação diária e anual de temperatura e umidade relativa, quantidade de radiação solar incidente, grau de nebulosidade do céu, a predominância de época e o sentido dos ventos e índices pluviométricos.

Os impactos sobre os sistemas naturais e humanos observados nas últimas décadas e analisado pelo Relatório do IPCC (2014), evidencia os efeitos em todos os continentes e através dos oceanos, sendo esses mais fortes e abrangentes para os sistemas naturais, como o clima. Na Figura 4 podemos observar a elevação da temperatura mundial ao logo dos últimos anos.

Figura 4 - Mudanças de temperatura observadas globalmente.



Fonte: Relatório do IPCC (2014).

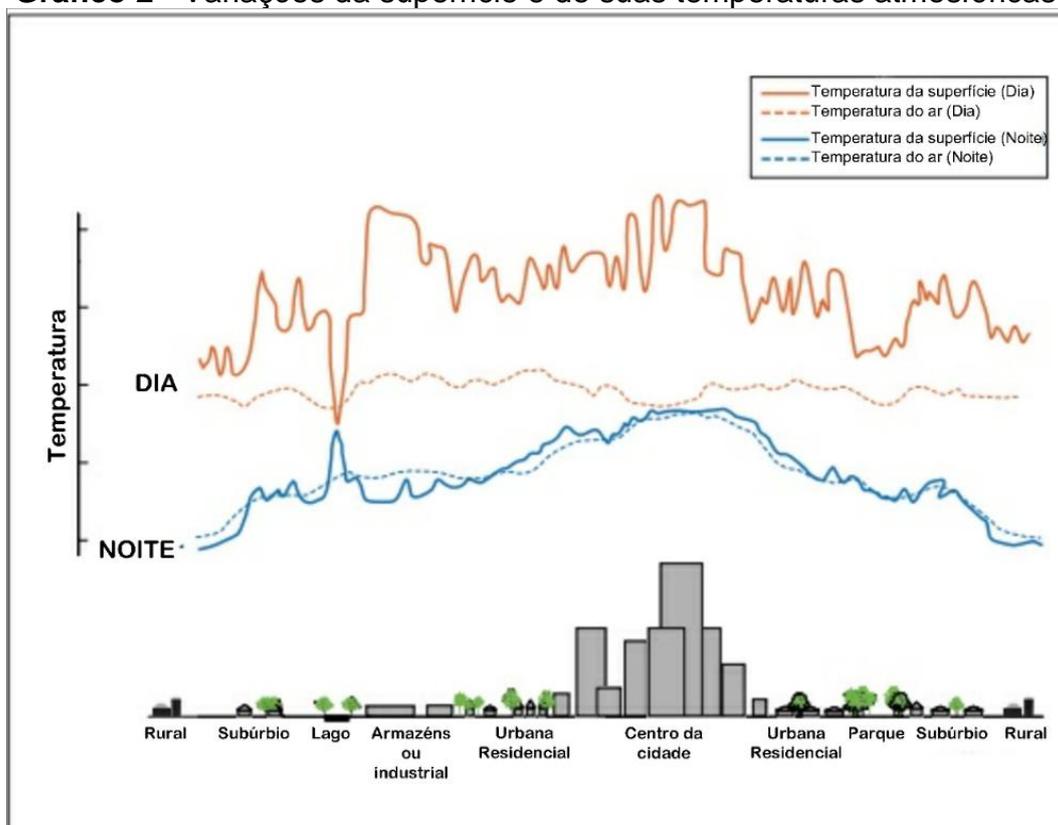
Através da figura apresentada, é possível analisar as mudanças de temperatura observadas ao redor da maior parte do globo, com valores próximos a faixa de 2°C.

O Relatório do IPCC (2014) ainda fala sobre esses impactos, que incluem tais extremos relacionados a alteração dos ecossistemas, a interrupção

da produção de alimentos e abastecimento de água, danos a infraestruturas e assentamentos, morbidade e mortalidade e consequências para a saúde mental e bem-estar humano, além do impacto para alguns setores da economia mudanças na estrutura populacional, renda, tecnologia, preços relativos, estilo de vida, regulamentação e governança.

Essas mudanças climáticas são ainda mais notórias nos grandes centros urbanos, onde, de acordo com Coltri (2006), as áreas urbanas se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas quando comparadas com as áreas rurais. Essa anomalia térmica, conhecida como ilha de calor, é um fenômeno que é reconhecidamente importante em estudos de clima urbano, e está representada no Gráfico 2, onde é notória a variação de temperatura quando se observa diferentes cenários, desde a zona rural, passando por subúrbios, parques e áreas industriais, chegando nos centros urbanos com maiores concentrações de edificações.

Gráfico 2 - Variações da superfície e de suas temperaturas atmosféricas.



Fonte: Adaptado de U.S. Environmental Protection Agency (2008).

Na concepção de Givoni (1976) *apud* Araújo (2007) as coberturas são os elementos estruturais que mais sentem os efeitos das amplitudes térmicas, devido a sua grande exposição aos efeitos climáticos, ainda esse impacto somado à radiação solar em dias de verão e perdas de calor durante a noite afetam as coberturas mais do que qualquer outra parte do edifício.

O telhado verde surge nesse cenário como um meio de minimizar esses efeitos de aumento da temperatura e promover a sustentabilidade no meio da construção. A Figura 5 mostra as diferenças de temperatura entre a superfície de uma cobertura que possui telhado verde e a superfície de uma cobertura tradicional, podendo essas diferenças atingirem até 40°C em um dia típico.

Figura 5 - Versão termográfica apresenta as diferenças de temperatura entre telhado verde e telhado convencional sobre a Prefeitura de Chicago.



Fonte: U.S. Environmental Protection Agency (2008).

Para Silva (2011), o telhado verde é uma solução eficiente que está sendo adotada em diversas partes do mundo, entretanto no Brasil esse é um sistema construtivo ainda em implantação, sendo mais utilizado no Rio Grande do Sul e em São Paulo.

4.4 O HISTÓRICO DA IMPLANTAÇÃO DO TELHADO VERDE

Segundo Osmundson (1999) *apud* Araújo (2007), os telhados verdes não são uma inovação tecnológica, já que tem-se registro de ser utilizado na antiga Mesopotâmia e na Babilônia, região onde hoje se encontra o Iraque, sendo construídos entre 600 a.C. e 450 a.C. Na Babilônia, onde foram construídos os famosos Jardins Suspensos, se encontrava o mais famoso de

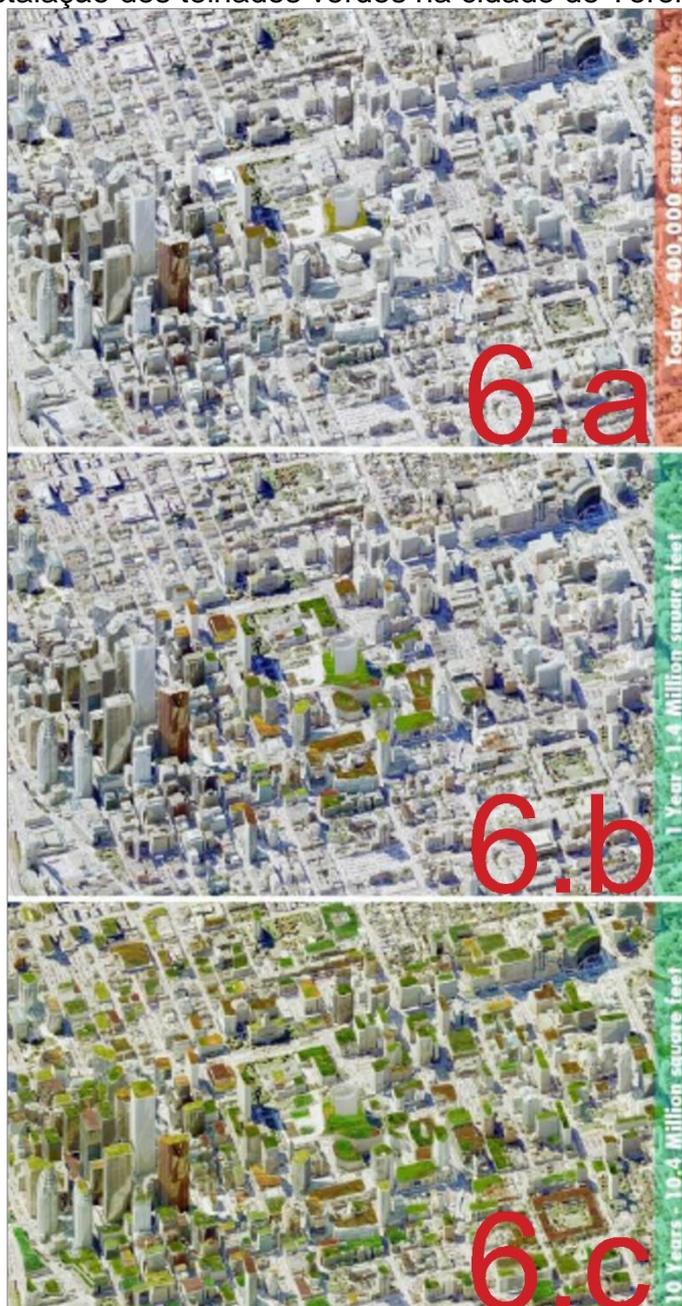
todos, o Etemenanki que tinha uma altura total de 91 metros e base quadrada de 91m². O mais conservado dos antigos zigurates¹ é o que fica localizado na cidade de Ur, é o zigurate de Nanna. Esta técnica construtiva era empregue como meio de manutenção do ciclo hidrológico e pelo seu desempenho térmico proporcionado pela camada combinada de solo e vegetação, que impede a passagem de calor em ambientes quentes e retêm por mais tempo o calor no interior da edificação em climas frios.

Na década de 60, foram desenvolvidas tecnologias sobre o uso dos telhados verdes em muitos países, principalmente na Suíça e Alemanha. Na década de 70 a pesquisa se intensificou e foram introduzidos vários tipos de materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes inibidores de raízes, substratos de baixa densidade e espécies adequadas de plantas. Na Alemanha, com o avanço das pesquisas e o incentivo das leis municipais e estaduais, os telhados verdes somavam no ano de 1996 o total de 10 milhões de metros quadrados. Outras cidades europeias adotaram leis e incentivos similares, e em alguns tipos de instalações, como fábricas, o uso do telhado verde se tornou obrigatório. (PECK; CALLAGHAN, 1999).

Na América do Norte, Toronto, no Canadá, foi a primeira cidade que exigiu a instalação de telhados verdes nos novos edifícios, sendo eles obrigatórios pela Lei de Telhados Verdes para construções acima de 200 m². Para demonstrar o crescimento em metros quadrados de coberturas verdes, alunos da Universidade de Toronto no ano de 2012 elaboraram imagens para ilustrar as mudanças, dividindo em três diferentes cenários como apresentado na Figura 6. A Figura 6.a mostra uma perspectiva atual (para o ano de 2012), a Figura 6.b projeta um ano após a publicação da Lei, e a Figura 6.c demonstra o cenário 10 anos à frente. (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015).

¹Torre gigantesca, de várias plataformas superpostas, dos templos caldeus e babilônicos, semelhante à de Babel, a que se refere a Bíblia, e cuja invenção é atribuída aos sumerianos (DICIO, 2018).

Figura 6 - Ilustração dos cenários: atual, um ano e dez anos após a Lei de instalação dos telhados verdes na cidade de Toronto.



Fonte: Rangel; Aranha; Silva (2015).

Hoje as coberturas verdes na Alemanha aumentam em 13,5 milhões de metros quadrados por ano, segundo Snodgrass e McIntyre (2010). Na Figura 7 apresentada abaixo, é possível observar a ocorrência desse tipo de estrutura em países da Europa, item esse não tão comum no Brasil.

Figura 7 - Telhados verdes localizados na Alemanha.



Fonte: Snodgrass; McIntyre (2010).

Uma chave para o governo municipal apoiar a implantação do telhado verde foi o benefício relacionado a sua capacidade de retenção de água. Como resultado direto da política do governo na Europa, uma nova indústria surgiu para fornecimento de plantas e materiais, profissionais especializados em manutenção e instalação de telhado verde. O telhado verde tornou-se uma prática comum na indústria da construção Europeia e uma apreciada paisagem urbana. (PECK; CALLAGHAN, 1999).

Os telhados verdes, embora muito utilizados em outros países, ainda não é muito difundido no Brasil. Quase não há incentivos de leis para a implantação do telhado verde, mas vale mencionar a Lei 18.112/2015 (RECIFE, 2015) que obriga projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m² de área de cobertura deverão prever a implantação de "Telhado Verde".

No Brasil, o primeiro projeto de telhado verde foi executado em 1936 no prédio do MEC (Ministério da Educação), pelo arquiteto Roberto Burle Marx, que executou em 1988 o telhado verde no Banco Safra em São Paulo. Em 1992 a arquiteta Rosa Grená Kliass e Jamil Kfourri projetaram os jardins do Vale do Anhangabaú em São Paulo. (TOMAZ, 2008).

Apesar de não ser uma técnica recente, para a implantação de um telhado verde é necessário conhecer seu processo construtivo, tópico que será abordado no tópico a seguir.

4.5 TELHADO VERDE E SUAS ETAPAS DE EXECUÇÃO

Diversos autores em diferentes bibliografias, incluindo Köhler (2004) classificam os telhados verdes em dois tipos: telhado extensivo e telhado verde intensivo, ou jardim suspenso, que geralmente suporta árvores e outras plantas de grande porte. Esse último tipo de sistema precisa de um solo mais profundo e constantes manutenções, tem geralmente função ornamental. Já o extensivo é caracterizado pela vegetação rasteira e resistente à seca. Esse sistema necessita de pouca manutenção e geralmente nenhuma irrigação. A Tabela 2 apresenta algumas características dos dois tipos de sistema.

Tabela 2 - Características de telhados verdes extensivos e intensivos.

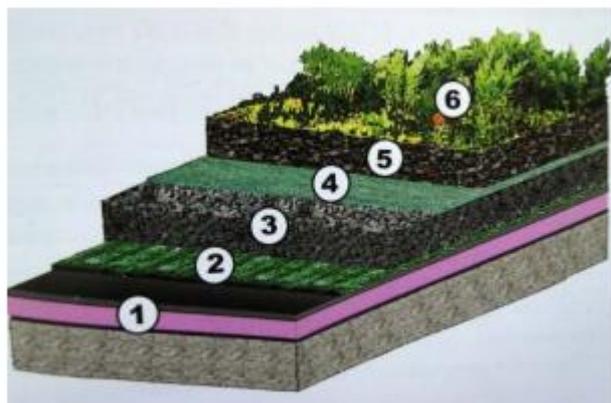
Itens	Telhado Verde extensivo	Telhado Verde intensivo
Manutenção	Baixo	Alto
Irrigação	Não	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramado, arbustos e árvores
Altura do sistema	60 - 200 mm	150-400 mm
Peso	60-150 kg / m ²	180-500 kg / m ²
Custos	Baixo	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Parque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

Fonte: Silva (2011).

Por se tratar de um tipo de cobertura sustentável para as edificações, o ideal para a implantação seria o telhado do tipo extensivo, pois além de não necessitar de uma série de cuidados como os telhados verdes do tipo intensivo, apresenta menor peso específico por precisar de uma quantidade menor de solo e conseqüentemente não armazenar um grande volume de água durante o período chuvoso. (BALDESSAR, 2012).

Tassi et al. (2014) apresentam a estrutura de um telhado verde, que de maneira geral, apresenta as seguintes camadas: camada de vegetação, substrato, camada anti-raiz, camada de drenagem, impermeabilização e a estrutura do telhado, como apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Camadas do telhado verde extensivo.



- 1 - pavimento do telhado, isolamento e impermeabilização.
- 2 - proteção e camada de armazenamento.
- 3 - camada de drenagem.
- 4 - camada anti-raiz e filtro permeável.
- 5 - camada de substrato.
- 6 - vegetação.

Fonte: Snodgrass; McIntyre (2010).

A estrutura do telhado mais utilizada nesse tipo de sistema é o sistema de laje de concreto. O uso de lajes planas atualmente foi difundido por arquitetos que hoje são referência na arquitetura brasileira, se tornando um dos sistemas mais utilizados na construção civil. Nas novas edificações, a laje deve ser dimensionada considerando a sobrecarga adicional do telhado verde, que varia de acordo com sua classificação. (SAVI, 2012).

Logo acima da laje encontra-se a impermeabilização. Araújo (2007) define a camada impermeabilizante como a camada que protege a estrutura base de infiltrações, podendo ser executada em diferentes materiais, como materiais betuminosos (manta asfáltica) ou sintéticos (resinas Epóxi, mantas de PVC).

Vecchia (2005) ainda apresenta outra forma de se impermeabilizar estruturas, definida como ecologicamente correta. Esse tipo de processo é realizado aplicando uma pasta de cimento com látex sobre a superfície a ser impermeabilizada, e sobre ela aplicar uma resina vegetal impermeabilizante e um impermeabilizante de óleo vegetal. Na Figura 9 é possível observar a execução da impermeabilização para a construção de um telhado verde.

Figura 9 - Execução da impermeabilização com material sintético.



Fonte: Baldessar (2012).

Sobre a camada de impermeabilização encontra-se a camada de drenagem. Araújo (2007) define a camada drenante como a camada com função de direcionar o excesso de água do solo para um dreno. Alguns dos materiais utilizados para a execução dessa camada são a argila expandida, brita ou seixos de diâmetros semelhantes. A espessura da camada varia de 7 a 10 cm.

Acima da camada de drenagem localiza-se a camada anti-raiz. Tassi et al. (2014) define essa camada como a responsável pela retenção da umidade e nutrientes proveniente das camadas acima, fornecendo também uma proteção física para a camada impermeabilizante contra as raízes da vegetação.

Vecchia (2005) apresenta um tipo de camada anti-raiz formada com uma geomanta tridimensional envolta por geotêxteis resinados, que realizam funções de reforço, drenagem e proteção. Na Figura 10 é possível observar alguns dos diferentes níveis de camadas presentes na estrutura do telhado verde durante seu processo de montagem, como sua camada de proteção da estrutura e camada de impermeabilização.

Figura 10 - Exemplo de camadas do telhado verde a partir para impermeabilização.



Fonte: Snodgrass; McIntyre (2010).

A camada do substrato está localizada acima da camada anti-raiz, que fará o suporte da vegetação. Segundo Savi (2012), a camada de substrato tem como principal função suprir a necessidade de nutrientes e água das plantas. Para garantir um bom funcionamento da cobertura verde é necessário conhecer o tipo de substrato que mais se ajusta ao tipo de vegetação que será introduzida. Os substratos mais adequados para esse tipo de sistema são substratos inorgânicos, como a argila expandida e materiais vulcânicos.

Por fim, na camada de vegetação é preciso definir o tipo de vegetação a ser utilizada no telhado verde. Tassi e al. (2014) recomendam que a cobertura vegetal deve ser compatível com as condições ambientais locais, sendo preferível plantas nativas da região. Vecchia (2005) destaca o uso da grama esmeralda, por suas características de resistência a raios solares e pisoteamento.

Na Figura 11 é possível observar um sistema de telhado verde no Campus Brasília do Instituto Federal de Brasília (IFB), um dos poucos na cidade que possui telhado verde.

Figura 11 - Telhado verde no Campus Brasília do Instituto Federal de Brasília (IFB).



Fonte: Ecotelhado (2018).

Os prédios contam com um telhado verde que capta as águas das chuvas, com o objetivo de economizar até 40% de energia elétrica decorrente do uso de ar condicionado. Em tempos de racionamento de água, o Instituto Federal de Brasília (IFB) é modelo em construção ecologicamente correta e de sustentabilidade entre os órgãos do Governo Federal com sede na cidade. (ECOTELHADO, 2018).

Segundo Baldessar (2012), a execução e plantio em telhados verdes é realizada principalmente em telhados planos. No entanto, também é possível explorar esta técnica em telhados inclinados, desde que algumas medidas sejam tomadas para garantir que vegetação do telhado não escorregue junto com o substrato.

4.5.1 Impermeabilização de estruturas

A impermeabilização do pavimento base do telhado verde, sendo uma das etapas de maior importância, deve receber atenção na elaboração do projeto. A ABNT NBR 9574 (2008) descreve os principais tipos de impermeabilização e seu processo de execução. A impermeabilização é

classificada como rígida, como as argamassas impermeáveis e membranas epoxídicas, e como flexíveis, como as mantas asfálticas, membranas de poliuretano, manta acrílica e a manta de polietileno de alta densidade (PEAD).

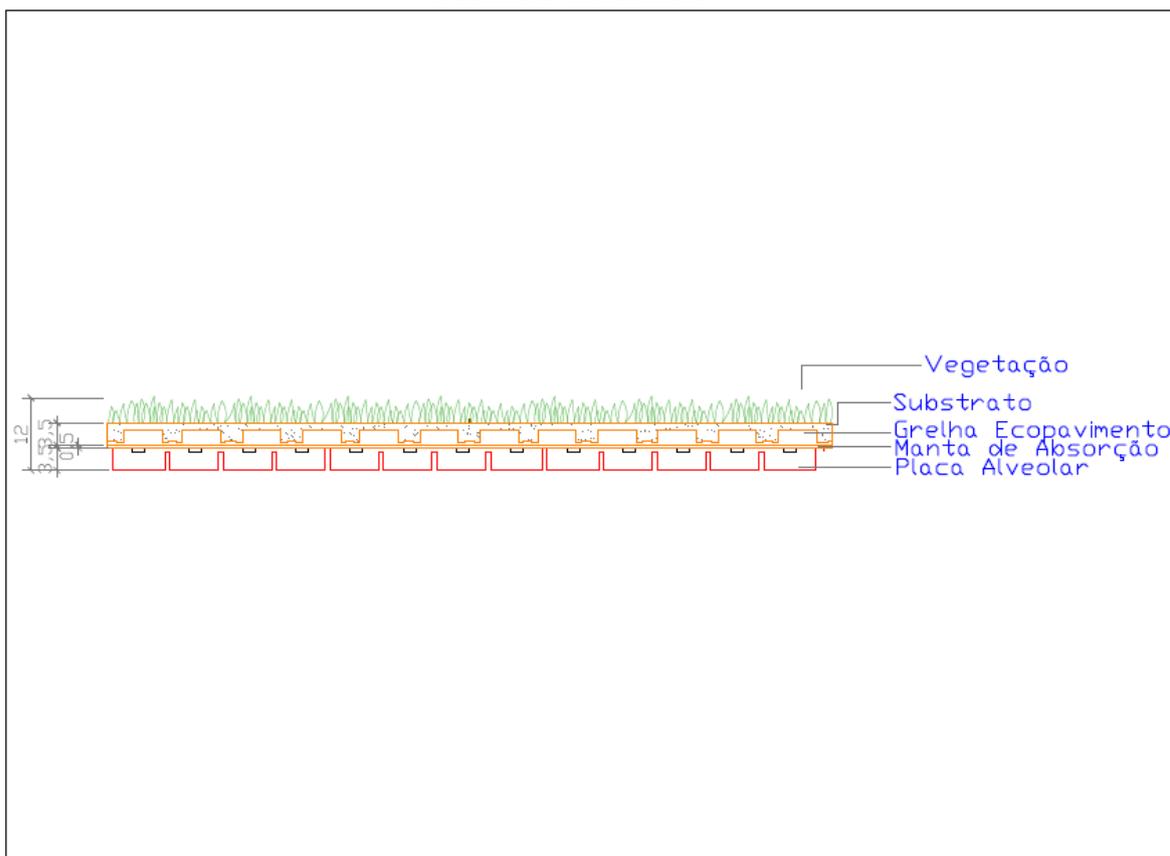
Para a execução da manta de polietileno de alta densidade (PEAD) deve-se desenrolar as bobinas e alinhá-las sobre a superfície a ser impermeabilizada, executando as soldas necessárias e atendendo a inclinação mínima. A proteção da manta deve ser feita com tela de fios de arame galvanizado ou plástico. (ABNT, 2008).

4.5.2 Modelos de sistemas de telhado verde comercializados pela empresa EcoTelhado

4.5.2.1 Cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado

A cobertura do tipo Alveolar Grelhado é composta de uma membrana alveolar, responsável pela reserva de água. Sua composição ainda possui a inclusão de uma grelha tridimensional de PEAD, permitindo inclinação no telhado de até 20° ou 30%. (ECOTELHADO, 2018). A Figura 12 mostra a representação em corte do tipo de cobertura desenvolvida pela empresa Ecotelhado - Design Biofílico.

Figura 12 - Representação em corte da cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado.



Fonte: Ecotelhado (2018).

Esse tipo de sistema é um conjunto de vários elementos com diferentes funções, descritas no Manual e Especificações do Sistema Modular Alveolar Grelhado (2018):

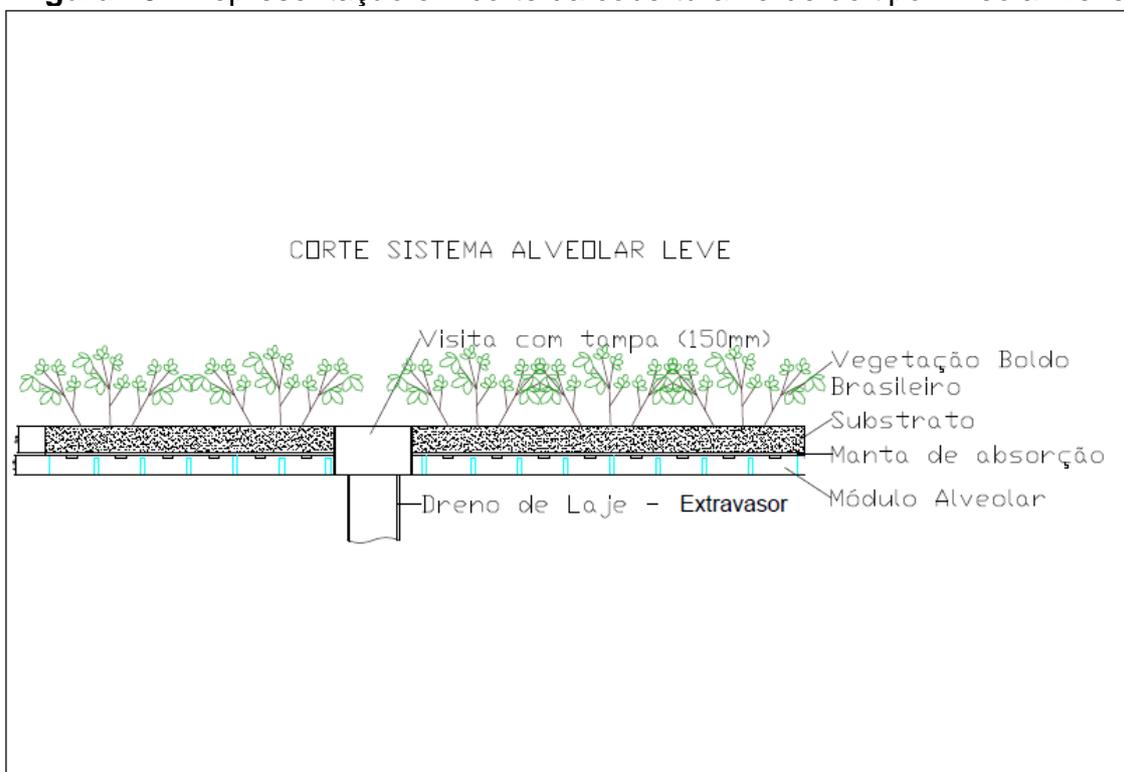
- Módulo plástico alveolar: retém água para as raízes da vegetação e evita o contato direto com a laje;
- Membrana de absorção: retém água e nutrientes para suprir parcialmente as raízes da vegetação;
- Grelha de pavimento natural: ajuda no suporte e retenção do substrato nutritivo;
- Substrato leve: fonte de nutrição com grande poder de retenção de água e nutrientes;
- Forth Gel: retém a umidade;
- Vegetação de gramíneas: retém água e nutrientes.

O manual disponibilizado pela Empresa Ecotelhado também possui informações sobre o método de implantação de todo o sistema.

4.5.2.2 Cobertura verde do tipo Modular Alveolar Leve

O Sistema Alveolar Leve é composto de uma membrana alveolar que faz a reserva de água. Seu uso permite inclinação no telhado com valores de até 10° ou 20% (ECOTELHADO,2018). Na Figura 13 é possível visualizar em corte o sistema de cobertura desenvolvida pela empresa Ecotelhado - Design Biofílico.

Figura 13 - Representação em corte da cobertura verde do tipo Alveolar Leve



Fonte: Ecotelhado (2018).

O sistema ilustrado acima é um conjunto de vários elementos com diferentes funções, descritas no Manual e Especificações do Sistema Modular Alveolar Leve (2018):

- Módulo plástico alveolar: responsável pela drenagem controlada e retenção da água para as raízes da vegetação;

- Membrana de absorção: retém água e nutrientes para suprir parcialmente as raízes da vegetação;
- Grelha de pavimento natural: responsável pelo suporte e retenção do substrato nutritivo;
- Substrato leve: substrato leve e nutritivo com grande poder de retenção de água e nutrientes
- Forth Gel: gel para plantio com o objetivo de reter umidade;
- Vegetação de gramíneas ou outra: retém água e nutrientes.

O manual disponibilizado pela Empresa Ecotelhado também possui informações sobre o método de implantação de todo o sistema.

4.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE

4.6.1 Benefícios do uso do telhado verde

Segundo a *U. S. Environmental Protection Agency - EPA* (2008), telhados verdes possuem os mesmos benefícios que outras vegetações localizadas no nível do solo, porém uma vantagem é que pode ser usado em áreas com grandes concentrações de edifícios e construções, que muitas vezes não dispõem de espaço para plantação a nível do solo. Os benefícios da implantação do sistema de telhado verde serão discutidos nos tópicos a seguir.

4.6.1.1 Isolamento térmico e economia de energia

De acordo com Peck e Callaghan (1999) o clima pode ser dividido em quatro níveis: zonas climáticas, clima regional, clima local e microclima. Zona climática é uma definição mais ampla, caracterizada pela distância da linha do Equador e outros fatores. Clima regional é caracterizado por suas variações dentro das zonas climáticas, como a variação de temperatura anual, regime de chuvas e ventos. Clima local ocupa uma escala menor, sendo um dos exemplos de clima local as ilhas de calor.

Os microclimas são climas de locais específicos, como por exemplo: a cobertura de um edifício terá um microclima diferente daquele dos edifícios ao redor, e são afetados diretamente pelos elementos que cercam o local, como a vegetação, água, condições do solo, e quantidade de edifícios, que afetam os ventos, incidência de radiação solar, humidade, etc. (PECK; CALLAGHAN, 1999).

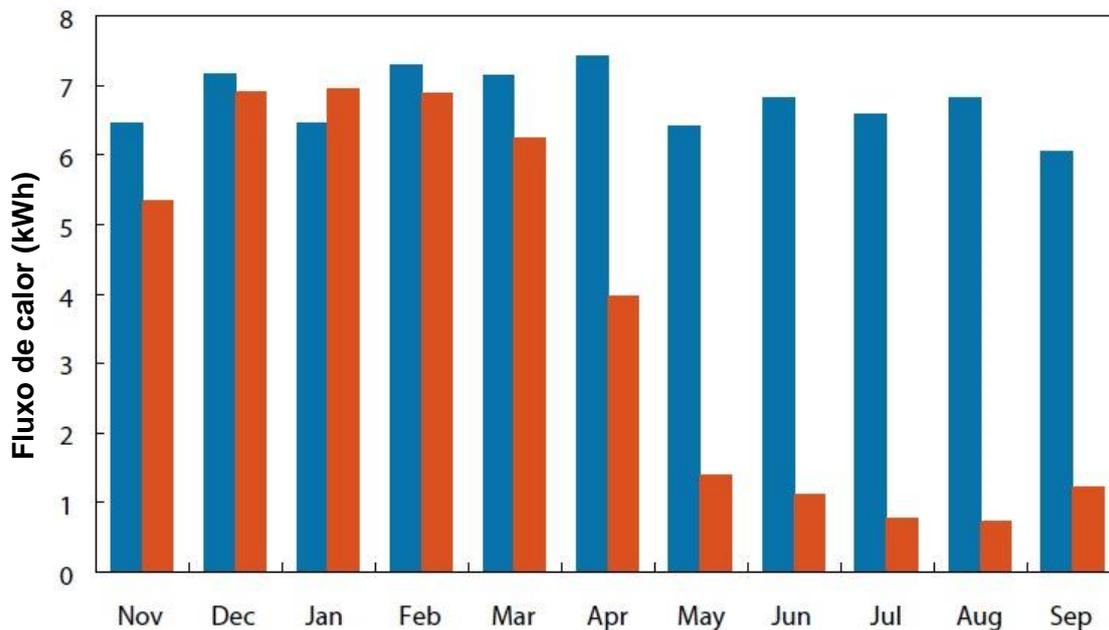
Segundo Araújo (2007), um projeto de urbanização das cidades deve se atentar a fatores como a construção de uma edificação segura, confortável, durável e econômica. O telhado verde possui um bom desenho térmico quando se trata de conforto ambiental em relação a outros tipos de materiais utilizados na construção civil para executar coberturas. A demanda por materiais que tem a função de isolante térmico é crescente, independentemente do tipo de clima da região.

A maior parte da irradiação solar, dentro das grandes cidades, incide sobre a cobertura de edifícios. Segundo Silva (2011), a vegetação em climas quentes desempenha a função de reduzir a radiação solar e também de diminuir a temperatura ao seu redor através do sombreamento e o processo de evapotranspiração.

Peck e Callaghan (1999) explicam como esse fenômeno ocorre: usando uma camada de vegetação para interceptar essa radiação solar, pode causar uma redução do calor no ambiente interno de edifícios. Da luz solar que incide sobre as plantas, 2% é usada para a fotossíntese, 48% passa pela vegetação e é armazenada pelo sistema de irrigação da planta, 30% é transformada em calor pela transpiração e 20% é refletida.

Sendo assim, a vegetação pode ser usada para regular mudanças bruscas de temperatura: em um dia quente, a camada de vegetação controla a temperatura e regula a humidade, enquanto a noite e no inverno, elas oferecem energia e calor. A Figura 14 compara o fluxo diário médio de calor através de um telhado convencional e um telhado verde extensivo em Ottawa, no Canadá.

Figura 14 - Comparação da demanda diária média de energia devido ao fluxo de calor através de um telhado verde e um telhado convencional em Ottawa, Canadá.



Fonte: U.S. Environmental Protection Agency (2008).

Durante a primavera e o verão (maio a setembro), a energia necessária para resfriar o ambiente que possui um telhado convencional foi de seis a oito quilowatt-hora (kWh) por dia, enquanto a energia necessária para resfriar o ambiente que possui o telhado verde foi menos de 1,5 kWh por dia, uma redução de mais de 75%. Durante o outono e inverno, ambas as coberturas ficam cobertas de neve e com aproximadamente a mesma temperatura, tornando a demanda de energia dos dois sistemas similar. (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).

Dessa maneira, uso de técnicas como o sistema do telhado verde pode, em determinadas regiões e em decorrência do clima, ter uma contribuição na economia de energia que pode se tornar significativa ao longo dos anos.

4.6.1.2 Diminuição dos efeitos das Ilhas de Calor

A vegetação que ajudou a resfriar as cidades foi destruída e substituída por construções e pavimentos que absorvem a energia solar, criando concentrações de calor que cercam as áreas mais densamente populadas, formando assim as ilhas de calor. Pouco pode ser feito para restaurar a

vegetação destruída a nível do solo, e nesse contexto vários avanços tecnológicos estão sendo implantados para reduzir a absorção de irradiação solar pelas coberturas de edifícios, como materiais reflexivos e membranas brancas, por exemplo. Esses materiais reflexivos resfriam a superfície da cobertura em de 15 a 40%. (LUCKETT, 2009).

O telhado verde, segundo Silva (2011), pode atuar como uma solução parcial para alguns dos problemas ambientais encontrados nos grandes centros urbanos, como redução na poluição, melhoria da qualidade do ar e as chamadas Ilhas de Calor.

De acordo com Lockett (2009), telhados verdes vão além da reflexão da irradiação solar para diminuir a temperatura de uma cobertura, já que a vegetação sobre ela esfria o ar através do fenômeno da evapotranspiração, processo que esfria a temperatura de uma área enquanto a água evapora da mesma. Pesquisadores estimam que a construção de telhados verdes em 50 a 60% das coberturas de edifícios em áreas densamente ocupadas poderia resultar na redução de temperatura dessas áreas em torno de 6°C.

Savi (2012) aponta o fenômeno das ilhas de calor como um grave fator para o aumento das temperaturas de zonas urbanas, e com o uso de telhado verde em uma parcela significativa das coberturas das áreas mais afetadas, poderia alcançar reduções de 1°C a 2°C, representando uma mudança de temperatura notável nos grandes centros urbanos, estes que atualmente possuem a maioria de suas coberturas de coloração escura, causando uma absorção da radiação solar durante o dia e a liberação dessa energia à noite, tornando necessário o uso de aparelhos para amenizar a temperatura.

4.6.1.3 Armazenamento de água

De acordo com Köhler et al. (2002) a retenção de água causada pela evapotranspiração das plantas é o principal aspecto da redução da temperatura dos edifícios que utilizam coberturas verdes. Em climas tropicais, onde as chuvas são caracterizadas pela sua grande intensidade em um período curto de tempo, a evaporação da chuva em coberturas de edifícios que utilizam sistemas tradicionais provoca uma significativa queda de temperatura. Esse não se prolonga por um longo período, pois não há retenção dessa água, e sim uma

drenagem para o sistema coletor de águas pluviais. Na Tabela 3 é possível observar os dez maiores índices de precipitação em bairros da cidade do Rio de Janeiro. Essa condição sobrecarrega o sistema coletor de águas pluviais, causando assim, inundações, concentradas principalmente nos pontos baixos da cidade.

Tabela 3 - As 10 maiores precipitações em diferentes partes do Rio de Janeiro, Brasil, de 1997 a março de 2001.

Bairro	mm/hora	Data	Horário
Campo Grande	116.2	19/03/2000	00:08
Grajaú	90.3	16/02/2000	23:01
Sumaré	81.3	02/04/1998	23:49
Tanque	78.3	09/01/1997	18:42
Tijuca	78.2	17/02/1998	15:15
Vidigal	72.5	15/12/1998	17:43
Cachambi	72.4	28/03/2001	22:17
Tijuca	71.5	07/01/1998	19:00
Anchieta	71.0	28/03/2001	21:23
Madureira	71.0	31/01/1997	19:17

Fonte: Köhler et al. (2002).

A capacidade de retenção de água dos telhados verdes torna-se então um importante aliado para evitar enchentes e inundações. Segundo Savi (2012), os telhados verdes podem se tornar um aliado para amenizar o escoamento das águas pluviais para os sistemas de drenagem nos centros urbanos, já que possui uma boa capacidade de retenção. A Tabela 4 apresenta o desempenho de diferentes tipos de cobertura em relação ao escoamento de água, medido em um experimento.

Tabela 4 - Total de água escoada medida através de experimento

TOTALIZAÇÃO DE 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	82	37	0,3	52	total mensal (em mm)
dez 2011	1.098	851	291	362	total mensal (em mm)
ian 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 %)

Fonte: Baldessar (2012).

Na Tabela 4 é possível notar a capacidade de retenção de água dos telhados verdes, já que o escoamento medido é de 30% do volume total da precipitação, enquanto que os outros sistemas de cobertura apresentaram valores superiores a 70% do volume total da precipitação.

4.6.1.4 Espaço verde e habitat

A cobertura verde pode surgir como forma de suavizar as paisagens dos centros urbanos, sendo introduzidos jardins e áreas verdes em coberturas de edifícios. Segundo Silva (2011), o crescimento da construção civil no Brasil entre os anos de 2004 e 2008 foi um dos responsáveis pela diminuição de áreas verdes e o constante crescimento do número de construções com materiais que agem como impermeabilizantes da superfície do solo, como materiais betuminosos, cimentícios e cerâmicos. A instalação de coberturas verdes aumenta a diversidade de construções, dominada por galpões, indústrias e prédios residenciais.

As temperaturas mais amenas dos telhados verdes em climas quentes dão a eles um importante valor para as pessoas que vivem ou trabalham no edifício. De acordo com Snodgrass e McIntyre (2010), telhados verdes extensivos não são comumente projetados para serem facilmente acessíveis

para visitantes, mas ao projetar um telhado verde intensivo sobre uma cobertura tornando-o um jardim multifuncional e de relativo baixo custo, é criado um espaço que promove interesse visual para as pessoas que vivem no edifício ou ao redor dele, adicionando cor e textura para a estética urbana local. Na Figura 15 pode-se observar que até simples jardins em telhados verdes se tornam um elegante espaço em um escritório ou em um prédio residencial.

Figura 15 - Telhado verde acessível aos ocupantes do edifício.



Fonte: Snodgrass e McIntyre (2010).

Além de poder se tornar um espaço de lazer, uma cobertura verde também pode se tornar um habitat para a vida animal. Lockett (2009) aponta os desafios de popular telhados verdes com insetos e pássaros, já que a falta de dados torna difícil saber quais animais se adaptam a esses novos ecossistemas. Com o avanço em pesquisas na área, pode ser possível determinar qual fauna e flora interage melhor com o ambiente, podendo assim projetar os telhados verdes para assegurar essa interação, dando assim os telhados verdes um papel de restaurar e diversificar a biodiversidade dentro dos grandes centros, além de ser somente um repositório de espaços verdes.

4.6.1.5 Qualidade do ar

De acordo com Peck e Callaghan (1999) a vegetação tem um papel essencial na vida do planeta. As plantas, através do processo de fotossíntese, convertem dióxido de carbono, água e energia solar em oxigênio e glicose, fornecendo a humanos e outros animais oxigênio e comida.

Segundo Silva (2011), a popularização e adesão do uso do telhado verde pode atuar como uma solução prática para os efeitos da poluição atmosférica causada pela emissão de gases poluentes do ar como óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O_3), diminuindo e filtrando a poluição, aumentando então a qualidade do ar e reduzindo problemas respiratórios.

O uso reduzido de energia elétrica de edifícios que utilizam sistemas de telhado verde também reduz a poluição do ar associada com a produção de energia. (U.S. Environmental Protection Agency, 2008).

4.6.1.6 Vida útil da cobertura

Coberturas de edifícios são as superfícies de edifícios que mais recebem irradiação solar. Segundo Givoni (1976) *apud* Araújo (2007) o impacto da radiação solar em dias de verão, onde as coberturas sofrem com as amplitudes térmicas, as perdas de calor durante a noite e as chuvas afetam a integridade das coberturas mais do que qualquer outra parte da edificação.

De acordo com Silva (2011), os materiais utilizados na construção civil têm a capacidade de armazenar a radiação solar. O acúmulo dessa radiação compromete a durabilidade dos mesmos através da degradação das propriedades mecânicas dos materiais, comprometendo a vida útil da estrutura.

O uso de uma cobertura verde pode resultar economias financeiras, pois a vegetação implantada diretamente na superfície da cobertura de edifícios a protege contra a incidência de raios solares e chuvas, visto que materiais de coberturas tem uma maior duração sob uma camada de substrato e vegetação. (JOHNSTON; NEWTON, 2004).

4.6.2 Desvantagens do uso de telhado verde

As novas tecnologias enfrentam barreiras para entrar no mercado, como a falta de projetos exemplares, incertezas sobre os custos e benefícios e a falta de conhecimento dos usuários e clientes. Os principais obstáculos que a implantação de coberturas verdes enfrenta serão apresentados a seguir.

4.6.2.1 Falta de conhecimento

O conceito de telhado verde, muito conhecido na Europa, ainda é pouco explorado no resto do mundo. Seus benefícios, tanto ambientais como econômicos, ainda não está claro para a indústria, mercados, profissionais, políticos e o público em geral. Peck e Callaghan (1999) apontam três grupos principais que necessitam de conhecimentos adicionais sobre sistemas de telhados verdes.

O primeiro grupo refere-se à Governos e políticos, onde em todos os níveis, precisam de conhecimentos acerca dos custos e benefícios de telhados verdes, incluindo tópicos como: a criação de uma "nova indústria", que resultaria em novos empregos e expansão de especialistas na área de engenharia e arquitetura; a possibilidade de produção de alimentos sobre coberturas verdes; custos e benefícios de políticas para o incentivo de implantação de telhados verdes, assim como a reação dos consumidores em relação ao suporte para promover essa tecnologia.

O segundo grupo engloba os pesquisadores, que podem contribuir para o incentivo de implantação de telhados verdes através do detalhamento de informações sobre a economia de energia gerada, o armazenamento de água, os benefícios econômicos para diferentes aplicações, e estudos sobre efeitos climáticos e ecológicos em suas áreas de aplicação.

O terceiro está relacionado ao público em geral. Conhecimento dos vários benefícios do uso de coberturas verdes em edificações ajudam a criar demandas para incentivos do governo, tanto para aplicações em residências quanto para aplicações para o comércio e indústria. Os benefícios a serem informados para esse grupo incluem o armazenamento de água das chuvas,

melhoria da qualidade do ar, redução dos gases do efeito estufa, criação de espaços para recreação, benefícios estéticos, produção local de comida e oportunidade de empregos.

4.6.2.2 Pouca informação sobre os custos

A falta de informações mais detalhadas acerca dos benefícios de instalação de um sistema de telhado verde é ofuscada pela ausência de informação relacionada aos custos. Uma das desvantagens mais citadas está relacionada ao custo de implantação e manutenção de uma cobertura verde. Segundo Setta (2017), a maioria das edificações localizadas em zonas urbanas não foram projetadas para receber e resistir ao peso da estrutura de um telhado verde, muitas vezes tornando o projeto inviável do ponto de vista financeiro, tornando a necessidade do planejamento técnico inicial essencial tanto para construções já existentes quanto para novas construções.

De acordo com Carvalho (2017), a escolha do tipo de cobertura verde também influencia o custo de manutenção, pois telhados verdes do tipo intensivo necessitam de manutenção constante. O autor também diz que o aumento da utilização de sistemas de telhado verde nas edificações pode reduzir os principais custos relacionados ao sistema, pois é com a demanda no mercado que surgem novas empresas e aumentam a concorrência.

4.6.2.3 Falta de incentivo para implantação

O desenvolvimento da "indústria do telhado verde" na Europa é resultado das políticas implantadas no final da década de 80 que requeria a implantação desses sistemas em novos edifícios industriais, comerciais e alguns edifícios residenciais, dependendo de sua localização. (PECK; CALLAGHAN, 1999).

Na América do Norte, a implementação de sistemas de telhado verde permite a obtenção de créditos no programa LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), administrado pelo *U.S. Green Building Council*, agência que ajuda a promover projetos e construções sustentáveis. O programa, nos Estados Unidos, traz incentivos financeiros para o mercado das construções

verdes, mas no Brasil ainda não existe esse incentivo, mesmo sendo possível obter a certificação LEED através do Green Building Council Brasil, criado em 2007. (TASSI et. al, 2014).

4.6.2.4 Problemas técnicos, riscos e incertezas

A falta de conhecimento do mercado e dos profissionais pode ocasionar problemas durante a instalação da cobertura verde e depois da instalação da mesma. Castro e Goldenfum (2010) apontam alguns dos problemas técnicos relacionados à instalação de um telhado verde, sendo um deles os problemas de infiltração e umidade relacionados a problemas de execução.

Vacari (2008) também aponta desvantagens relacionadas à necessidade de mão de obra especializada, tanto de projetistas de sistemas de telhado verde quanto de equipes técnicas especializadas em executar todo o sistema.

Muitas dessas barreiras representam os desafios de se adotar uma nova tecnologia. Dificuldades em identificar os custos e benefícios de coberturas verdes são talvez um dos maiores obstáculos, e as significativas vantagens sociais e ambientais, na ausência de políticas de incentivo governamentais não tornam o sistema atrativo. (PECK; CALLAGHAN, 1999).

4.7 NBR 15575 – CONFORTO TÉRMICO

A NBR 15575 (ABNT, 2013), de título geral “Edificações habitacionais — Desempenho”, é dividida em 6 partes, contendo os requisitos de alguns sistemas presentes em uma edificação. A Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas, apresenta as exigências referentes aos sistemas de coberturas.

Ainda de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013):

Sendo o sistema de cobertura a parte da edificação habitacional mais exposta à radiação direta do sol, ele exerce predominante influência na carga térmica transmitida aos ambientes (casas térreas e último pavimento de sobrados ou prédios), influenciando diretamente no conforto térmico dos usuários e no consumo de energia para acionamento de equipamentos de ventilação forçada e/ou condicionamento artificial do ar.

O desempenho térmico no interior de edificações é melhor tratado na NBR 15572 (ABNT, 2013) Parte 1: Requisitos gerais. O procedimento apresentado para a avaliação térmica adequada de habitações consiste em atender aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Outro modo de avaliar o desempenho térmico no interior de uma habitação é através do método de simulação computacional. Os dados climáticos podem ser obtidos nas tabelas em anexo a norma. A norma ainda recomenda o emprego do programa EnergyPlus, considerando cada ambiente da habitação como uma zona térmica e as propriedades térmicas dos materiais construtivos obtidas através de ensaio em laboratório normatizado.

4.8 INTERFERÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE COMO PROPOSTA DE REDUÇÃO TÉRMICA SE COMPARADA A UTILIZAÇÃO DE TELHADO CONVENCIONAL

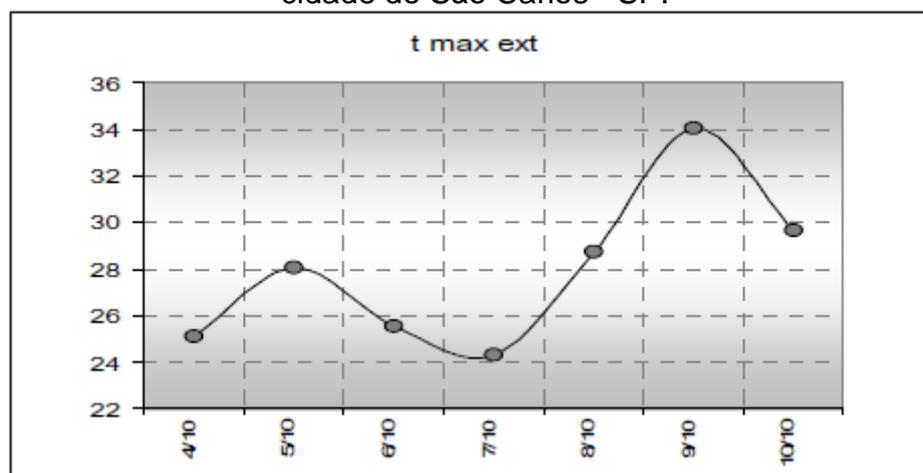
Os sistemas de telhado verde têm aos poucos se tornado objetos de estudo. Não sendo possível o estudo detalhado de interferência do telhado verde na climatização de ambientes internos de edifícios no município de Barra do Garças - MT, serão apresentados os dados de três pesquisas experimentais, duas delas realizadas nas cidades de São Carlos - SP e uma na cidade de Porto Alegre - RS.

4.8.1 Cobertura verde na Cidade de São Carlos - SP

O objetivo do primeiro estudo apresentado, realizado por Vecchia (2005) foi de apresentar os resultados obtidos do comportamento térmico de uma cobertura verde localizada na Escola de Engenharia de São Carlos - USP. O sistema apresentado utilizou materiais renováveis em sua construção, como o impermeabilizante de óleo vegetal (resina poliuretana PU) de mamona (*Ricinus communis*). A espécie gramínea utilizada foi a grama esmeralda (*Paspalum Notatum*), devido a suas características de resistência a ação dos raios solares e do pisoteamento.

Vecchia (2005) ainda fez um breve levantamento dos dados climáticos da cidade de São Carlos, em que o clima local foi definido como do tipo Cwa, clima quente com inverno seco. A maior temperatura registrada no município pelas Estações Meteorológicas foi de 36,4°C. A temperatura máxima atingida no dia escolhido para as medições de temperatura nos experimentos foi de 34,04°C, como apresentada no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Temperaturas do ar exterior dos dias 4 a 10 de outubro de 2004 na cidade de São Carlos - SP.

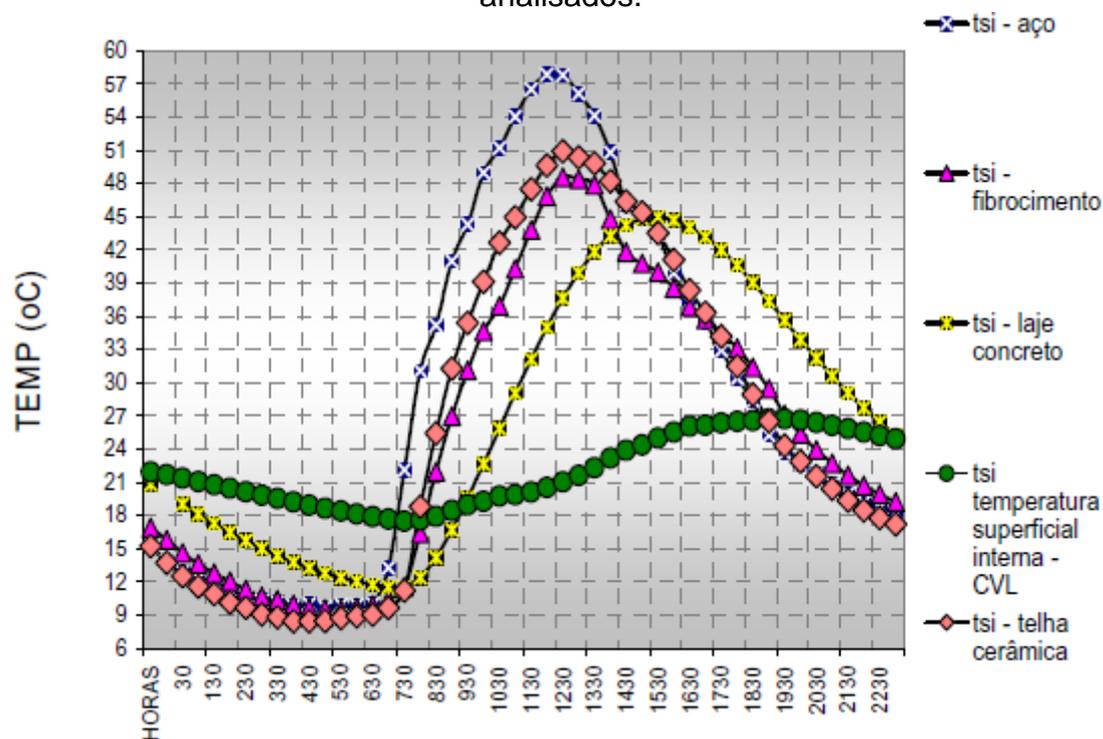


Fonte: Vecchia (2005).

Os protótipos utilizados no estudo tinham dimensões de 2,30 x 2,70 x 2,60m, com pisos de concreto do tipo radier e paredes de tijolo cerâmico pintadas da cor branca. Foram comparados os sistemas mais comuns utilizados em coberturas no Brasil: cobertura de telhas cerâmicas, de telhas de fibrocimento, de telhas de aço galvanizado, e de laje cerâmica sem a colocação de telhas. A medição da temperatura interna dos protótipos foi feita utilizando três termopares² do tipo T (cobre-constantin), para cada elemento construtivo, sendo a temperatura adotada para a análise de resultados a média das três unidades. O Gráfico 4 apresenta o desempenho superficial térmico interno de cada um dos sistemas de cobertura analisados no experimento, no dia 9 de outubro de 2004. (VECCHIA, 2005).

² Dispositivo para a medição de temperatura, no qual dois condutores elétricos de metais dessemelhantes (como cobre e ferro) são unidos no ponto onde o calor deve ser aplicado e as extremidades livres são ligadas a um instrumento medidor (amperômetro, por exemplo), o qual, pelo registro da quantidade de corrente termelétrica produzida na junção dos condutores dessemelhantes, indica a temperatura naquele ponto. (DICIO, 2018).

Gráfico 4 - Temperaturas superficiais internas (tsi) dos cinco protótipos analisados.



Fonte: Vecchia (2005).

É possível observar, no Gráfico 4, o desempenho superior da Cobertura Verde nos horários de maior temperatura durante todo período, resfriando a superfície interna durante o dia e liberando o calor acumulado durante a noite. Na Tabela 5 pode-se observar os dados coletados em relação a temperatura interna do ar (tbs) nos protótipos, sendo apresentados os dados de temperatura média, máxima, mínima, e a amplitude térmica.

Tabela 5 - Comparação dos dados obtidos dos sistemas de cobertura analisados ao longo do período de ensaio.

	tbs (°C) cerâmica	tbs (°C) aço	tbs (°C) fibro	tbs (°C) laje concr.	tbs (°C) CVL	temp ar ext (°C)
MAX	30.4	45.0	31.0	34.7	28.8	34.0
MED	24.1	26.5	24.5	27.1	22.4	27.2
MIN	15.2	11.5	14.4	14.8	16.2	12.7
A (amplitude térmica)	15.2	33.4	16.5	19.9	12.6	21.4

Fonte: Vecchia (2005).

Através da Tabela 3 torna-se claro o elevado desempenho da cobertura verde quando comparada aos outros sistemas, sendo notada uma diferença na faixa dos 5°C em relação a temperatura externa.

Após o estudo, o Autor concluiu que a cobertura verde leve se apresentou adequada em relação ao seu peso próprio, podendo ser utilizada em grande escala. Em relação ao desempenho térmico, a cobertura verde apresentou a menor amplitude térmica entre os protótipos, resultando em uma menor temperatura interna e maior conforto ambiental.

4.8.2 Telhado vivo na cidade de Porto Alegre - RS

O segundo estudo, apresentado por Silva et al. (2014), analisou sistemas de telhado vivo presentes em coberturas de edifícios da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, campus central PUCRS (Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul), implantados no ano de 2010. O prédio apresentado na Figura 16 é um dos sistemas de telhado verde implantados e que têm sido acompanhados no campus. A pesquisa destaca o bom desempenho da vegetação e o serviço de irrigação não é necessário.

Figura 16 - Prédio 5 da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, campus central PUCRS após a implantação do telhado vivo em 2010.



Fonte: Silva et al. (2014).

Silva et al. (2014) apresentou a análise do conforto térmico através de questionários realizados com os usuários do ambiente interno do prédio. Os resultados apontaram para um melhoramento significativo no conforto térmico dos ambientes, sendo possível até o descarte dos equipamentos de condicionamento térmico artificiais após o período de execução do telhado verde.

Garcia Filho et al. (2011) analisou dados sobre a temperatura interna do Prédio 5 apresentado na figura 16, antes e depois da execução do projeto de telhado vivo, através de medidores de temperatura instalado no interior de uma sala do prédio. Os dados obtidos das temperaturas observadas na sala escolhida estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Comparação de temperaturas antes e depois da instalação do sistema de telhado vivo.

Data	Horário	Temperatura Externa Máxima do dia (°C)	Temperatura Interna* (°C)	Diferença entre as Temperaturas Ext. e Int.	Oscilação da Temperatura Interna (°C)	Oscilação da Temperatura Externa (°C)
Antes da Implantação da Tecnologia <i>Telhado Vivo</i>						
24/12/2009	16:28:05	33,1	28,2	4,9	2,1	7,6
25/12/2009	15:58:29	39,1	28,7	10,4		
26/12/2009	15:43:50	40,7	29,5	11,2		
27/12/2009	17:44:09	38,5	30,3	8,2		
Após a Implantação da Tecnologia <i>Telhado Vivo</i>						
25/12/2010	15:37:45	33,1	28,5	4,6	0,9	7,6
24/12/2010	15:01:45	39,1	28,7	10,4		
08/01/2011	14:43:45	40,7	28,1	12,6		
24/12/2010	16:31:45	38,5	29	9,5		

Fonte: Garcia Filho et al. (2011).

Analisando a Tabela 6 é possível observar as diferenças de temperatura antes e após a instalação do sistema de telhado verde na cobertura do Prédio 5, e também a diminuição da oscilação térmica interna posterior a implantação do novo sistema de cobertura.

Garcia Filho et al. (2012) concluiu, através do estudo, que a tecnologia de telhado verde oferece um conjunto de benefícios, podendo ser utilizada como solução para um bom desempenho térmico e conseqüentemente a eficiência energética da edificação.

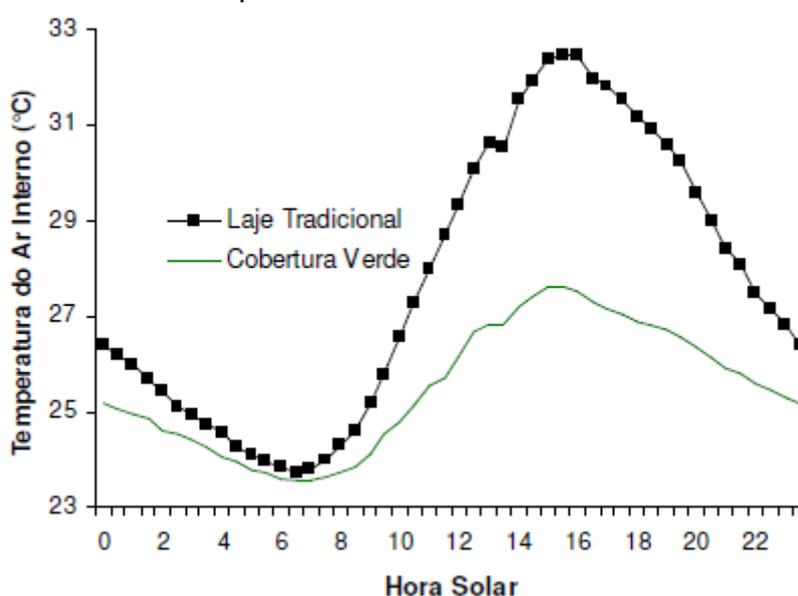
4.8.3 Cobertura Verde Utilizando grama Braquiária na Cidade de São Carlos -SP

O terceiro estudo, desenvolvido por Andrade e Roriz (2009), teve como objetivo comparar o comportamento térmico de uma cobertura ajardinada com grama Braquiária com uma cobertura tradicional de laje exposta. Para essa finalidade foram construídas sobre a laje de uma edificação existente no Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), campus da cidade de São Carlos as células testes usadas na pesquisa.

O levantamento climático feito por Andrade e Roriz (2009) ainda mostrou que o clima da região é, segundo Köppen (1928), classificado como Cwa, clima quente com inverno seco, no qual a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente, ultrapassa 22°C, com verões chuvosos e invernos secos.

Para monitorar as variações climáticas no interior da edificação, Andrade e Roriz (2009) utilizaram um sistema eletrônico constituído por registradores de temperatura e umidade relativa do ar, modelo HOBO®. O Gráfico 5 apresenta a temperatura interna das duas células-teste analisadas, registradas em um dia médio do período de 17 a 26 de novembro de 2006.

Gráfico 5 - Temperatura interna do ar das células-teste.



Fonte: Andrade e Roriz (2009).

Pela análise do Gráfico 5 é possível observar a contribuição significativa de uma cobertura verde em situações de calor, podendo ser observadas diferenças na faixa dos 5°C quando comparada com a temperatura interna do sistema que utiliza laje tradicional de concreto.

Andrade e Roriz (2009) concluíram com o estudo que o telhado verde desempenha um papel importante quando se analisa a temperatura interna dos ambientes em situações de calor, provocada pelo sombreamento e a refrigeração evaporativa causada pelo sistema. O preço de uma cobertura verde influencia na sua durabilidade, e embora o sistema apresente um alto custo inicial, os benefícios futuros como a economia de energia do edifício trarão um retorno financeiro positivo.

4.9 ORÇAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO

Orçamento não deve ser confundido com orçamentação, visto que um é o produto, e o outro é o processo de determinação. A orçamentação é um dos fatores essenciais para um resultado lucrativo para o construtor. O processo de estimativa de custos de uma obra é um exercício de previsão, tendo em vista que são muitos os itens que podem influenciar no custo final de um empreendimento. A técnica de orçar abrange a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma série de itens, requisitando atenção e habilidade técnica. Quando esse é realizado incorretamente, pode gerar uma série de problemas de custo e prazo. (MATTOS, 2006).

De acordo com Cordeiro (2007), o orçamento é definido como o ato de se determinar o custo de uma obra antes que ela seja realizada. A base para o levantamento dos quantitativos são os projetos, o memorial descritivo e os encargos de cada região, sendo fruto da soma dos custos diretos com os custos diretos envolvidos em todas as fases da obra.

4.9.1 Tipologia de orçamentos

Um orçamento pode ser classificado de acordo com seu grau de detalhamento. Mattos (2006) identifica três classificações, sendo elas:

- Estimativa de custo: avaliação de preços com base em comparações com projetos semelhantes, feito a partir de indicadores genéricos. Seu objetivo é fornecer uma primeira abordagem sobre a faixa de custo total da obra, e um dos índices mais usados na construção civil é o Custo Unitário Básico (CUB), que representa o custo por m² de uma construção com padrões pré-estabelecidos.
- Orçamento preliminar: mais detalhado que a estimativa de custos, o orçamento preliminar pressupõe o levantamento de certas quantidades e atribui preços a alguns dos serviços. Construtoras geralmente possuem seus próprios indicadores, e embora cada edificação possua suas particularidades, o levantamento de quantitativos geralmente segue um comportamento similar.
- Orçamento analítico: sendo a maneira mais precisa e detalhada de prever os custos totais de uma obra. Nele são feitos os levantamentos unitários dos custos diretos e indiretos da construção, partindo de composições de custos e pesquisas de preços de insumos, podendo chegar ao valor final em uma faixa bem próxima aos custos "reais".

Segundo Cordeiro (2007), o orçamento analítico deve ser organizado em uma planilha, relacionando todos os insumos e composições retirados dos projetos executivos e acompanhados de suas unidades de medidas. A planilha orçamentária deve ser organizada de uma maneira que facilite sua leitura e compreensão, sendo recomendado a classificação dos itens de acordo como sua natureza: estrutura de concreto, alvenaria, instalações sanitárias, etc.

4.9.2 Composição orçamentária

A composição orçamentária é o processo de determinação dos custos para a execução de um serviço. O insumo é cada parte que forma a composição, onde são listadas três categorias principais: a execução do serviço, materiais e equipamentos. Cada item do insumo é colocado na composição com suas respectivas quantidades e seus custos unitários. (MATTOS, 2006).

Para Mattos (2006) e Oliveira (2017), os valores dos insumos devem preferencialmente ser retirados de pesquisas de mercado, sendo feitas comparações entre empresas com relação ao preço, qualidade, confiabilidade, entre outros. Também é possível utilizar outros modelos de referência de empresas ou órgãos especializados. como as Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos -TCPO, da Editora PINI, e a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que será melhor descrita mais adiante.

4.9.2.1 Custos diretos

Dias (2010) define o custo direto como a soma dos itens de custo que podem ser facilmente medidos: mão-de-obra e equipamentos, materiais e transporte. O cálculo do custo direto de uma obra é realizado após a elaboração todas das composições analíticas necessárias derivadas dos projetos. A soma de todos os custos diretos representa o custo total da obra.

Mattos (2006) ainda define os três tipos de custos diretos presentes em uma obra:

- **Mão-de-obra:** o trabalhador é um elemento essencial de uma obra, tendo influência em todos os processos de um projeto. O custo da mão-de-obra é apresentado na composição de preços unitários como custo do homem-hora. Dentro desses custos estão incluídos impostos, benefícios, encargos sociais, alimentação, transporte, EPI, por exemplo.
- **Materiais:** analisar o custo dos materiais também é uma tarefa essencial, pois em muitas vezes chega a representar mais da

metade do custo unitário de um serviço. Dentro do custo dos materiais devem estar inclusos os preços de frete e impostos, por exemplo.

- Equipamentos: o uso de equipamentos em construções vai depender do porte da obra. Geralmente, os maiores gastos com equipamentos durante uma construção se dão na fase de terraplanagem. O custo horário de um equipamento é feito através das somas de custos horários de propriedade, custos horários de operação e custo horário de manutenção.

4.9.2.2 Custos indiretos

De acordo com Cordeiro (2007), os custos indiretos de uma obra abrangem a soma de um conjunto de despesas indiretas geradas pela construção, que não podem ser diretamente atribuídos à execução de um serviço específico. Os custos indiretos podem variar em função do local e tipo da obra, dos impostos e também de exigências do contrato, por exemplo.

Dias (2010) apresenta alguns dos fatores que influenciam os preços dos custos indiretos:

- Mobilização e desmobilização de equipamentos, pessoal e ferramentas;
- Administração no local da obra;
- Administração na sede da empresa;
- Tributos: ISS (Imposto Sobre Serviço), COFINS (Contribuição Financeira e Social), PIS (Programa De Integração Social), IRPJ (Imposto De Renda Sobre Pessoa Jurídica), entre outros.
- Despesas financeiras;
- Complexidade: o grau de dificuldade de um serviço indica se ele precisa de supervisão ou suporte externo.

4.9.3 Tabela SINAPI

A Caixa Econômica Federal (2018), define que:

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é indicado pelo Decreto 7983/2013, que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União (...).

Segundo o IBGE (2017), a pesquisa dos custos e índices da construção civil teve início em 1969 para o setor de habitação, e em 1997 incluiu os setores de saneamento e infraestrutura. A unidade de coleta se baseia nos fornecedores de materiais para construção e empresas construtoras do setor.

Para determinar o custo de um projeto, é necessário a especificação dos serviços, materiais e quantidades necessárias para a sua realização. Um projeto de edificações é caracterizado no SINAPI de acordo com as seguintes variáveis: uso (residencial, comercial ou misto), número de pavimentos, tamanho das áreas de trabalho (para edifícios comerciais), entre outros. (IBGE, 2017).

Sendo assim, a tabela SINAPI é uma das principais referências quando se fala de elaboração de orçamentos analíticos, visto que é realizada mensalmente uma pesquisa, em 27 localidades, de preços, tratamento de dados e formação de índices em conjunto com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a fim de manter a tabela atualizada com os preços do mercado, tornando-a uma das tabelas mais utilizadas pelos profissionais da construção civil. Os arquivos contendo as tabelas referentes a cada uma das 27 localidades ficam disponíveis para download no site da Caixa Econômica Federal, contendo as tabelas com os relatórios de insumos e composições. (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2018).

5. METODOLOGIA

O estudo apresentado teve como objetivo analisar e comparar o custo de um sistema tradicional de cobertura utilizado atualmente no Brasil com um sistema de telhado verde. O planejamento da pesquisa para desenvolvimento deste trabalho baseou-se no caráter descritivo para alcançar os objetivos de caracterização do telhado verde, suas vantagens e desvantagens e sua

interferência na climatização de ambientes internos de edifícios. Baseou-se também no caráter exploratório, útil quando ainda não se tem levantamentos sobre o tema abordado, no sentido iniciar uma investigação para fornecer dados mais precisos sobre os custos de implantação do telhado verde no município de Barra do Garças - MT.

A definição de telhado verde e a identificação de seus componentes, bem como as vantagens e desvantagens de sua utilização, foi realizado através de revisão bibliográfica de artigos, livros e manuais de implantação de telhados verdes disponíveis no meio eletrônico e físico.

O estudo de interferência do telhado verde na climatização de ambientes internos de edifícios também foi realizado por revisão bibliográfica de obras já publicadas por terceiros, uma vez que uma investigação mais precisa não é possível, pois não se tem conhecimento de construções no município que utilizam o telhado verde como cobertura.

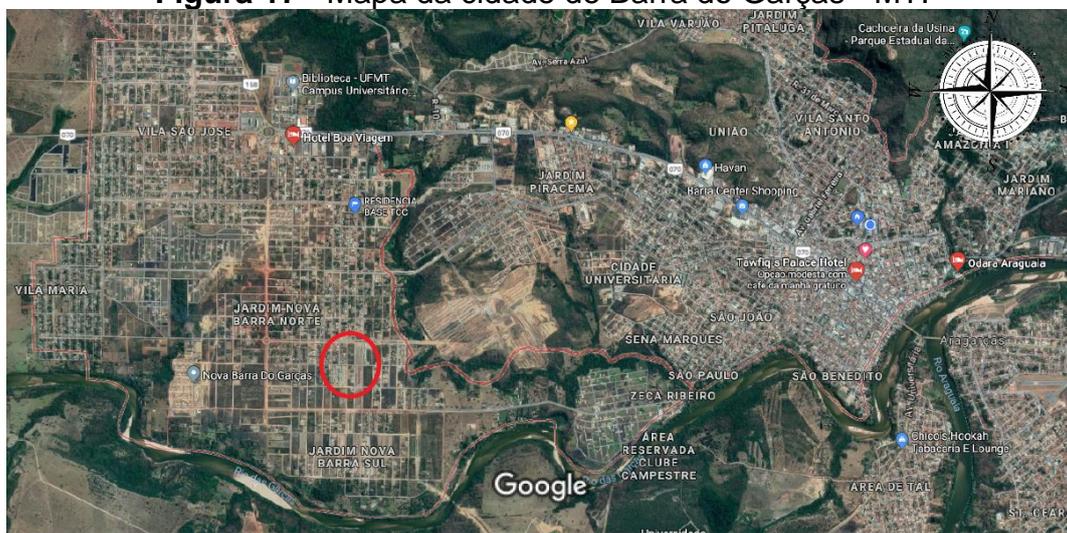
Foram realizados na sequência a definição da edificação, o detalhamento do sistema de telhado verde e o levantamento de quantitativo dos mesmos. O levantamento de custos relacionados a implantação de um sistema de telhado verde foi efetivado através da tabela de composições da Caixa Econômica (SINAPI). Essa tabela foi escolhida tendo em vista que a confiabilidade de sua composição e sua grande utilização na área da construção civil. As Empresas Ecocasa - Tecnologias Ambientais e Ecotelhado - Design Biofílico forneceram tabelas de preços da metragem quadrada de diferentes tipos de coberturas verdes pré-fabricadas. O preço por metragem quadrada da empresa Ecotelhado mostrou-se o menor entre as duas empresas, que também foi utilizada no processo de orçamentação. Ao fim do levantamento da composição de custos e peso dos sistemas por m², foram elaborados quadros e tabelas como forma de comparar os resultados obtidos.

5.1 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

5.1.1 Definição da edificação

Para comparar e analisar os sistemas de cobertura, foi inicialmente definida a residência padrão base de um pavimento, com 130,89m² de área construída, sendo uma sala, uma cozinha, três quartos, dois banheiros, um escritório e uma lavanderia. A residência foi recentemente construída. Sua cobertura feita com laje pré-moldada e telhamento em fibrocimento, e a vedação feita em tijolo cerâmico. A área de cobertura da laje é de 154,19 m². A área para orçamento dos telhados descontará a área da caixa d'água e do beiral localizados na cobertura. A residência está localizada na Rua Senador Filinto Muller, Lote N° 23 Quadra 181, Jardim Nova Barra Do Garças, Barra Do Garças-MT, como apresentado no círculo vermelho indicado na Figura 17. O projeto arquitetônico da residência está disponível no Anexo I para maiores informações.

Figura 17 - Mapa da cidade de Barra do Garças - MT.



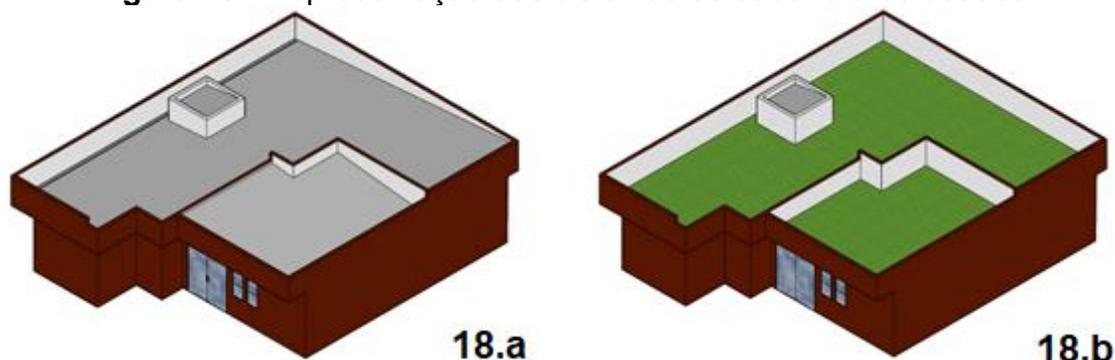
Fonte: Google (2018).

O clima do município de Barra do Garças é classificado por Köppen e Geiger (1928) como Aw (clima tropical, com estação seca de Inverno). A temperatura média da cidade é de 25,6°C, e durante o mês de outubro, o mês mais quente do ano, essa média sobe para 27,3°C, podendo atingir 34°C durante o dia. (CLIMATE-DATA, 2018).

5.1.2 Proposta de alteração da cobertura da edificação

A pesquisa procurou estudar a habitação no caso de alteração do sistema de cobertura que foi utilizado, laje pré-moldada e telhado de fibrocimento mostrado na Figura 18.a, para um sistema de laje pré-moldada e cobertura verde, mostrado na Figura 18.b.

Figura 18 - Representação dos sistemas de cobertura estudados.



Fonte: A Autora (2018).

A revisão bibliográfica mostrou que a laje pré-moldada com telhado de fibrocimento é um dos sistemas de cobertura tradicionalmente adotados no Brasil, sendo ela escolhida para a análise. O levantamento da sobrecarga da laje não é o foco do trabalho, sendo então utilizada uma laje com sobrecarga de 200 Kg/m² para todos os sistemas analisados.

Para o sistema de telhado verde utilizou como referência para levantamento de custos de três sistemas de telhado verde do tipo extensivo, visto que é o mais comumente utilizado em edificações do tipo. A empresa Ecotelhado - Design Biofílico disponibilizou uma tabela contendo os dados dos tipos de sistema de cobertura verde, sua média de preços e informações técnicas como seu peso por metro quadrado e o armazenamento de água do sistema. Foram escolhidos dois sistemas que a empresa considera de baixo custo e não necessita de manutenção constante. O terceiro sistema de telhado verde será moldado *in loco*, sendo toda a composição de materiais e serviços levantada a partir de dados da revisão bibliográfica. Definido todos os sistemas, foi executado

o levantamento de todo o quantitativo de materiais utilizados por cada um dos sistemas.

5.1.3 Método de análise comparativa de dados

A partir do detalhamento dos dois sistemas e o levantamento de quantitativos, iniciou-se a composição de custos utilizando a da tabela de composições da Caixa Econômica (SINAPI) de maio de 2018 e a tabela de preços por metro quadrado de cobertura verde disponibilizada pela Empresa Ecotelhado - Design Biofílico em julho de 2018.

Primeiramente foi levantado o custo de cada um dos materiais, onde dependendo do tipo de material, são medidos por metragem quadrada, cúbica ou linear. Com os dados do levantamento de quantitativos, o custo das devidas composições e o auxílio de uma tabela do Excel, pode ser medido o custo total de cada serviço dos sistemas, chegando à composição do valor total de ambos os sistemas, e no final o custo por m² de cada sistema analisado.

Para demonstrar os valores obtidos no orçamento de cada um dos sistemas, foi montada uma tabela seguindo o exemplo da Tabela 7. A primeira coluna corresponde ao valor total para a construção de todo o sistema e a segunda coluna exibe o custo por m² para cada um dos sistemas.

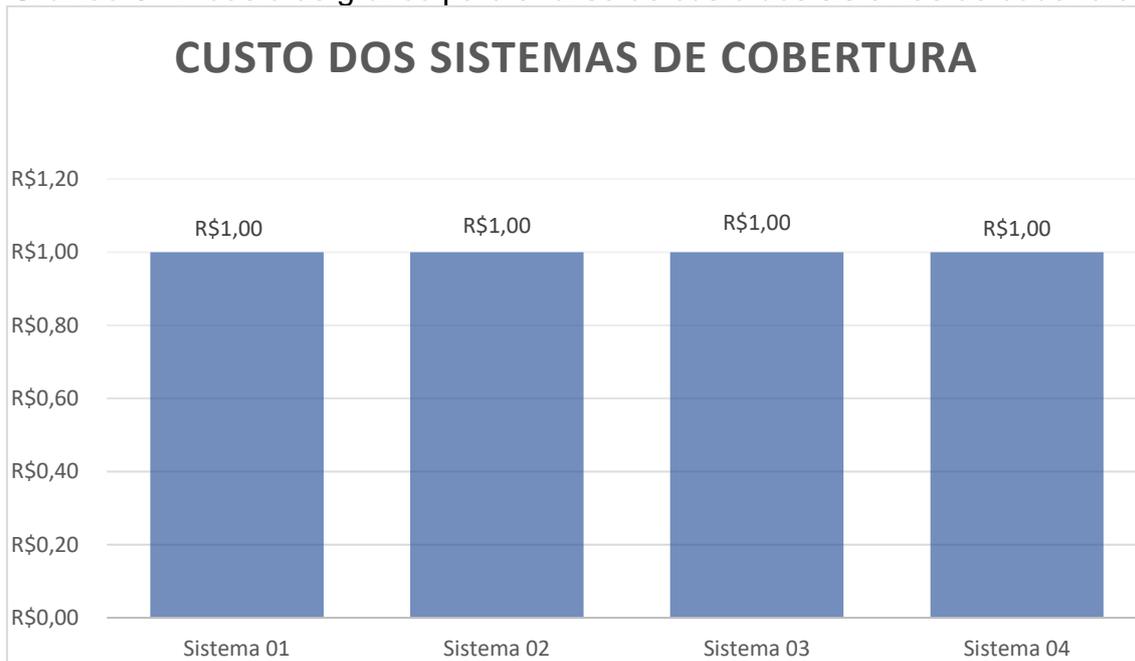
Tabela 7 - Modelo de tabela de custos.

Tabela XX - Custo Nome do Sistema

Custo Total	Custo m²

Fonte: A Autora (2018).

A análise comparativa de dados foi feita utilizando os dados levantados em cada uma das tabelas. Para analisar o custo de cada uma das coberturas foi utilizado um gráfico com os valores por m² para melhor mostrar a comparação de cada sistema, conforme o Gráfico 6. Foi considerado somente o custo da cobertura de cada sistema, não sendo analisado os demais custos da residência estudada.

Gráfico 6 - Modelo de gráfico para análise de custo dos sistemas de cobertura.

Fonte: A Autora (2018).

A tabela contendo todos os levantamentos de composições realizados para obter o custo total dos dois sistemas de cobertura analisados estarão disponíveis nos apêndices indicados.

6. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

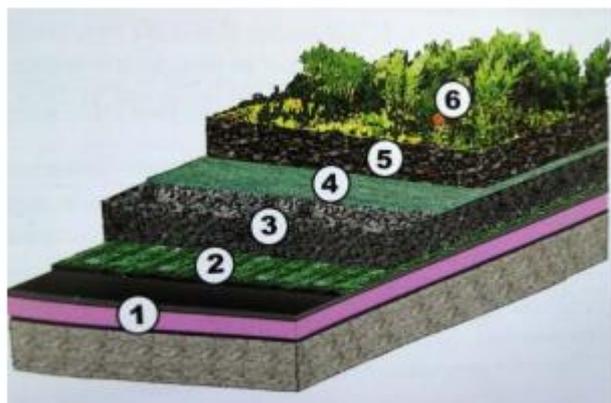
A seguir serão analisados todos os tópicos apresentados no objetivo específico do presente trabalho, sendo feita a avaliação de resultados com os dados levantados durante a pesquisa.

6.1 DEFINIÇÃO DO TELHADO VERDE E SEUS ELEMENTOS

A definição do telhado verde, bem como os elementos que compõem suas camadas, é um objetivo bibliográfico, como dito na metodologia. O telhado verde pode ser definido com uma cobertura vegetal sobreposta no teto de uma construção. A cobertura verde do tipo extensivo é tida como o sistema mais vantajoso quando se trata de telhados verdes por se tratar de sistemas mais simples que diminuem seus custos de implantação e manutenção. A Figura 19

apresenta, de maneira geral, como são constituídas as camadas do telhado verde.

Figura 19 - Representação das camadas de um telhado verde.



1 - pavimento do telhado, isolamento e impermeabilização.

2 - proteção e camada de armazenamento.

3 - camada de drenagem.

4 - camada anti-raiz e filtro permeável.

5 - camada de substrato.

6 - vegetação.

Fonte: Snodgrass; McIntyre (2010).

O Quadro 1 apresenta de maneira resumida as funções de cada camada constituinte do telhado verde e os principais materiais utilizados para sua execução.

Quadro 1 - Camadas do telhado verde e principais materiais de execução.

Camada	Função	Principais materiais utilizados
Estrutura do telhado	Base para a cobertura verde	Laje de concreto
Impermeabilização	Proteger a estrutura do telhado	Materiais betuminosos (manta asfáltica) e materiais sintéticos (resina Epóxi, PEAD e manta de PVC)
Camada de drenagem	Drenar o excesso de água do solo	Argila expandida, brita ou seixos de diâmetros semelhantes
Camada anti-raiz	Reter umidade e nutrientes do solo, proteger a camada de impermeabilização	Mantas geotêxteis

Substrato	Dar suporte a vegetação, suprir a necessidade de nutrientes das plantas	Solos orgânicos e inorgânicos de boa drenagem
Vegetação	Receber a precipitação e os raios solares	Plantas rasteiras, gramíneas (grama esmeralda, grama amendoim)

Fonte: A Autora (2018), de acordo com Vecchia (2005), Araújo (2007), Silva (2011), Baldessar (2012), Savi (2012) e Tassi et al. (2014).

Os dados apresentados na Tabela 8 podem ter algumas variações. As empresas especializadas nesse tipo de serviço estão sempre inovando para tornar as camadas de coberturas verdes mais eficientes.

6.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE EDIFICAÇÕES COM TELHADO VERDE

A demonstração das vantagens e desvantagens da utilização de coberturas verdes em edificações também é um objetivo bibliográfico, como dito na metodologia. Os telhados verdes, de maneira geral, apresentam os mesmos benefícios de vegetações a nível do solo, mas podendo ser usados em áreas urbanas onde há grandes concentrações de construções. A seguir, tem-se as principais vantagens e desvantagens expostas em relação a implantação desse tipo de sistema, de acordo com a U. S. Environmental Protection Agency - EPA (2008), Peck e Callaghan (1999), Araújo (2007), Silva (2011), Lockett (2009), Savi (2012), Köhler et al. (2002), Baldessar (2012), Johnston e Newton (2004), Setta (2017), Carvalho (2017) e Tassi et. al, (2014).

Das vantagens, tem-se:

- Isolamento térmico e economia de energia: as coberturas verdes contribuem na diminuição da radiação solar e da temperatura ao seu redor através do processo de evapotranspiração, ajudando a diminuir a temperatura interna de edifícios durante os períodos de calor, e conseqüentemente reduzindo o uso de aparelhos refrigeradores de ar no interior das edificações;

- Diminuição dos efeitos das Ilhas de Calor: as coberturas verdes, que ajudam a esfriar a temperatura da área ao seu redor através do fenômeno da evapotranspiração, substituem as coberturas de coloração escura, que possui uma grande absorção de radiação solar, podendo alcançar reduções de 1°C a 2°C nas temperaturas dos centros urbanos;
- Armazenamento de água: a liberação gradual da água armazenada na camada do substrato aumenta o período de evapotranspiração da água, reduzindo a temperatura ao redor, e diminui a sobrecarga do sistema coletor de águas pluviais durante precipitações de grande intensidade;
- Espaço verde e habitat: a implantação de coberturas verdes altera a paisagem dos centros urbanos positivamente, podendo se transformar em um ambiente de lazer, e também tornar-se um habitat para pássaros e insetos;
- Qualidade do ar: a vegetação tem a capacidade de retirar gases responsáveis pela poluição atmosférica, aumentando a qualidade do ar e reduzindo problemas respiratórios ao redor de áreas verdes;
- Vida útil da cobertura: a cobertura verde minimiza o impacto da radiação solar e diminui a amplitude térmica sobre as estruturas do telhado, contribuindo para o aumento da vida útil da cobertura.

Das desvantagens, tem-se:

- Falta de conhecimento: o uso de coberturas verdes ainda é pouco difundido fora da Europa, que não possuem grandes mercados, pesquisas desenvolvidas acerca dos benefícios de seu uso, e a população desconhece o uso do sistema;
- Pouca informação sobre os custos: a ausência de informação sobre os custos de implantação e manutenção de coberturas verdes dificulta sua propagação. O custo pode ser alto dependendo das condições da edificação, se ela já é existente ou se vai ser construída, pois edificações existentes muitas vezes

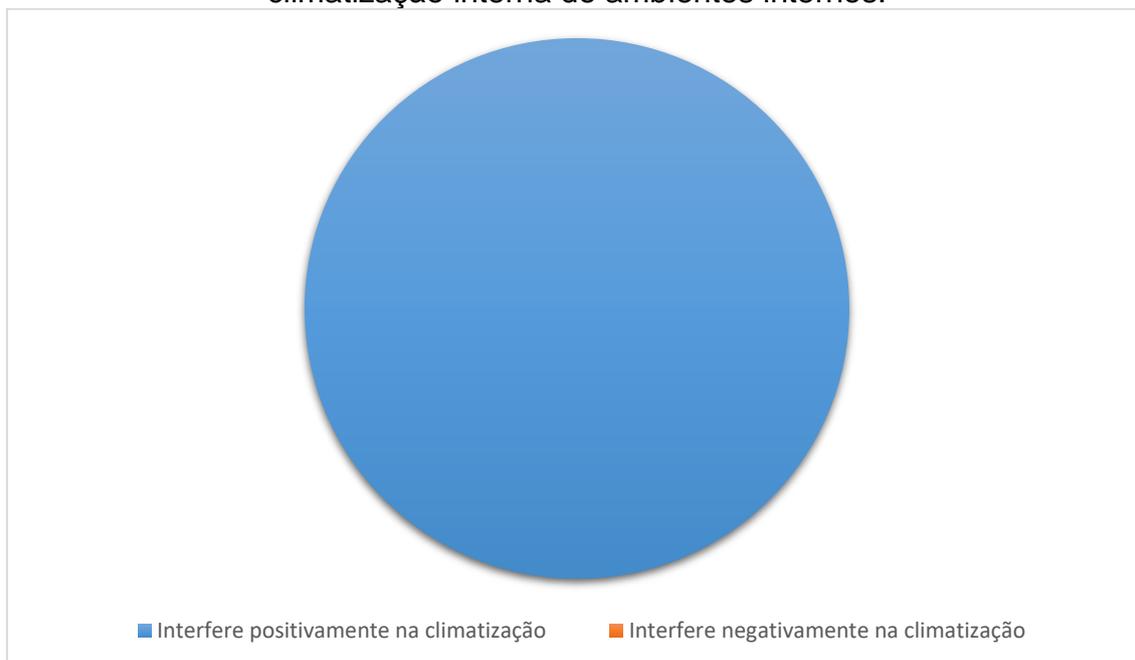
não foram projetadas para receber a carga desse tipo de sistema, tornando inviável sua implantação;

- Falta de incentivo para implantação: os incentivos para a implantação de coberturas verdes no Brasil são quase inexistentes, ao contrário de países da Europa, onde o sistema é obrigatório em certos tipos de construções;
- Problemas técnicos, riscos e incertezas: a implantação de coberturas verdes necessita de mão-de-obra especializada, tanto na parte de projeto quanto na parte de execução, para evitar problemas futuros como infiltrações e umidade.

6.3 INTERFERÊNCIA DA CLIMATIZAÇÃO INTERNA DE AMBIENTES

Os resultados desse tópico serão baseados em pesquisas relacionadas a interferência da climatização com o uso de coberturas verdes, pois não foram realizadas medições em campo para obtenção de dados mais condizentes com a realidade da cidade. Foram considerados posicionamentos de três autores: Vecchia (2005), Silva (2014) e Andrade e Roriz (2009), mais detalhados durante a revisão bibliográfica. Cada autor avaliou de dois a cinco sistemas construtivos de coberturas. O Gráfico 7 representa o posicionamento dos autores sobre a interferência da cobertura verde na climatização interna do ambiente estudado.

Gráfico 7 - Posicionamento dos autores na interferência da cobertura verde na climatização interna de ambientes internos.



Fonte: A Autora (2018).

Como observado no Gráfico 7, diferentes estudos de diferentes autores chegaram aos mesmos resultados a respeito da melhoria da climatização interna de ambientes.

6.4 CUSTOS DO TELHADO VERDE EM UMA EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE BARRA DO GARÇAS - MT

Foram analisados quatro sistemas de cobertura, que serão denominados da seguinte maneira:

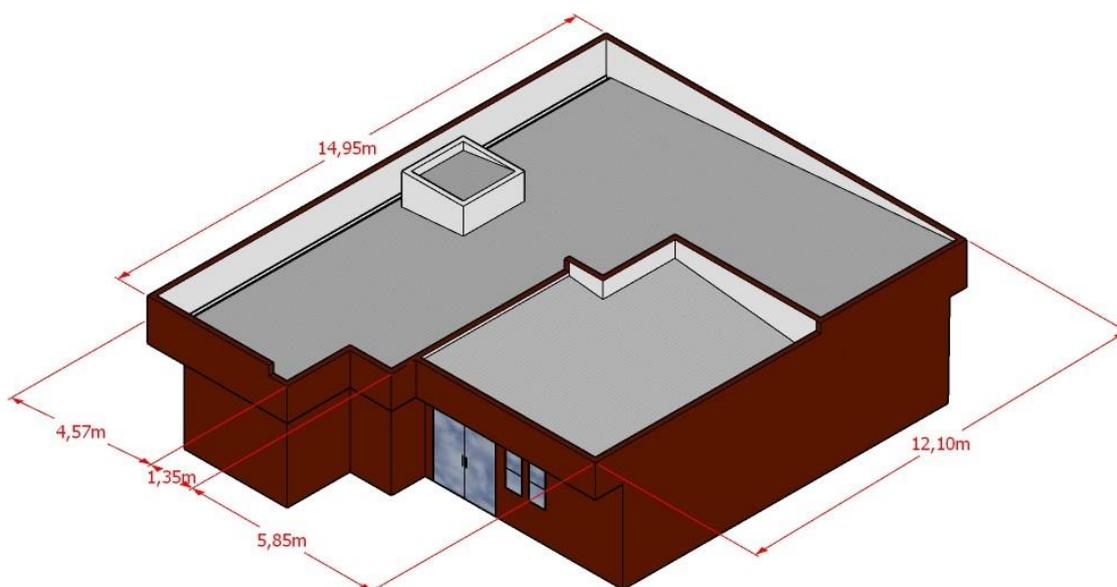
- Laje com cobertura de telha de fibrocimento - Sistema 01;
- Laje com cobertura verde do tipo extensivo (Fabricante determina como Modular Alveolar Grelhado) - Sistema 02;
- Laje com cobertura verde do tipo extensivo (Fabricante determina como Alveolar Leve) - Sistema 03;
- Laje com cobertura verde moldada *in loco*, sendo esses analisados para lajes com sobrecarga de 200 Kg/m² - Sistema 04.

6.4.1 Sistema 01 - laje com cobertura em telha de fibrocimento

O primeiro sistema a ser analisado é composto por laje pré-moldada com lajotas e vigotas, sobre a laje pré-moldada é despejada uma camada de concreto de 4 cm e Fck de 20 MPa. A área total de cobertura da laje é de 154,19 m².

Sobre a laje foi projetado o madeiramento do telhado composto por terças e pontaletes para dar suporte ao telhamento com telha ondulada de fibrocimento de espessura de 6 mm. O escoamento da água é feito através de um sistema de calhas. A Figura 20 ilustra o primeiro sistema, mostrando as dimensões da edificação e a inclinação e direção do telhamento.

Figura 20 - Cobertura em laje pré-moldada e telha de fibrocimento.



Fonte: A Autora (2018).

Na Tabela 9 é possível verificar o custo total e o custo por metro quadrado da construção com as características do sistema descritas acima.

Tabela 8 - Custo Laje pré-moldada com telha de fibrocimento

Custo Total	Custo m²
R\$ 20.020,84	R\$ 129,85

Fonte: A Autora (2018).

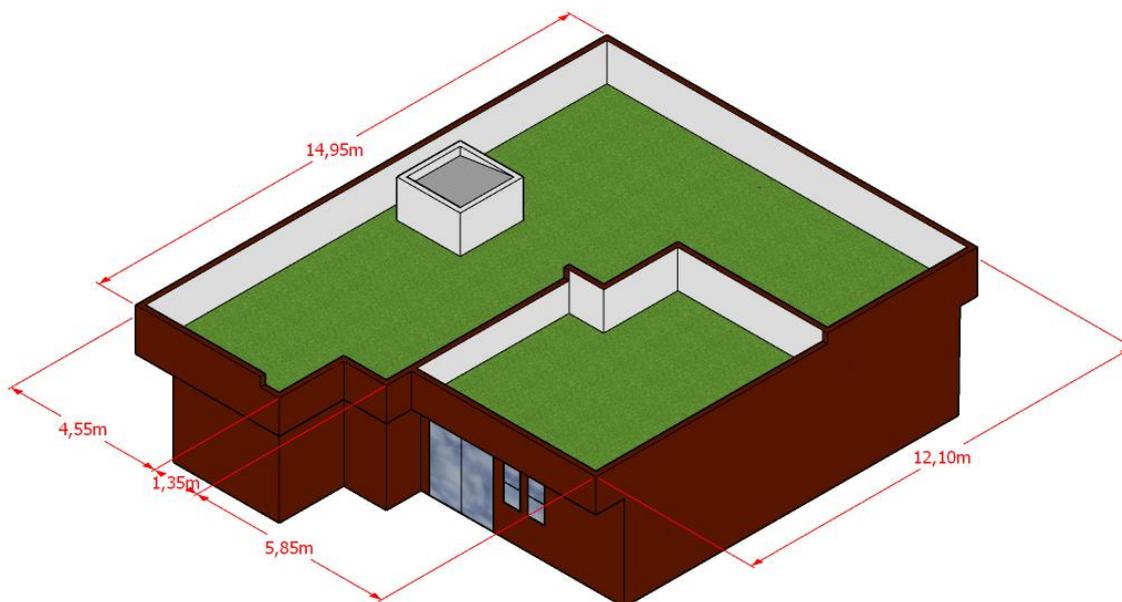
A tabela com todas as composições utilizadas para a realização do orçamento do sistema está disponível no Apêndice A.

6.4.2 Sistema 02- laje pré-moldada com cobertura verde do tipo extensiva (Modular Alveolar Grelhado)

O sistema descrito a seguir, assim como o anterior, é composto por laje pré-moldada com lajotas e vigotas, sobre a laje pré-moldada é despejada uma camada de concreto de 4 cm e Fck de 20 MPa. A área total de cobertura da laje é de 154,19 m². A impermeabilização da laje para o recebimento da cobertura verde é composta por manta asfáltica protegida com filme de alumínio gofrado de espessura de 0,8 mm.

A cobertura verde do sistema é composta de uma membrana alveolar, responsável pela reserva de água. Sua composição ainda possui a inclusão de uma grelha tridimensional de PEAD, permitindo inclinação no telhado de até 20° ou 30%. A Figura 21 ilustra o segundo sistema de cobertura analisado.

Figura 21 - Laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado.



Fonte: A Autora (2018).

A Tabela 10 apresenta o custo total e o custo por metro quadrado do sistema analisado acima, após realizado o orçamento.

Tabela 9 - Custo Laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Grelhado

Custo Total	Custo m²
R\$ 36.482,80	R\$ 236,61

Fonte: A Autora (2018).

A tabela com todas as composições utilizadas para a realização do orçamento do sistema está disponível no Apêndice B.

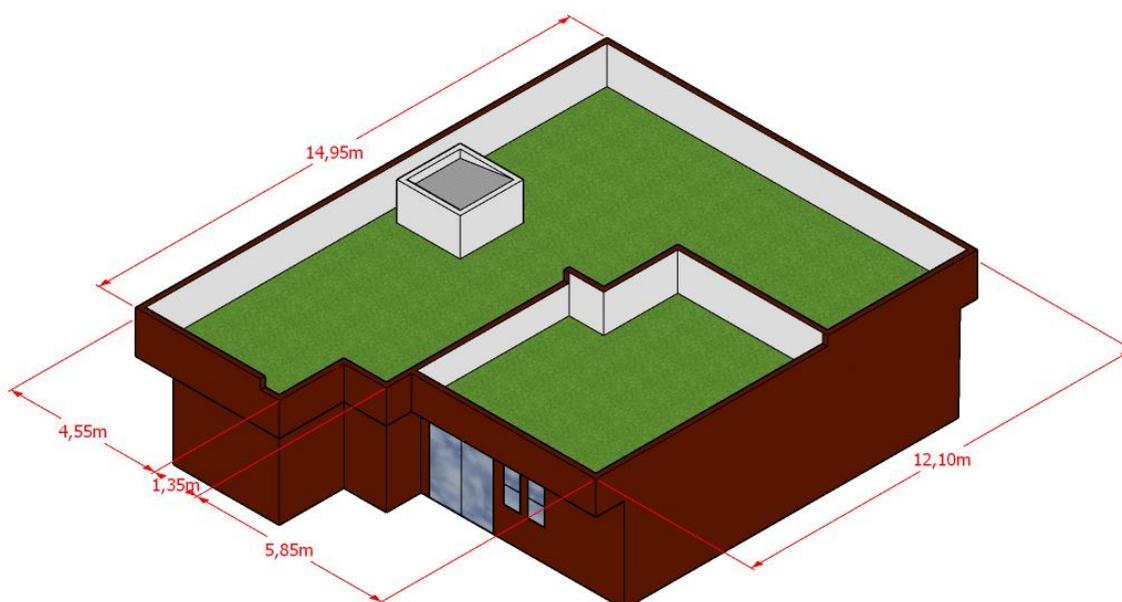
6.4.3 Sistema 03 - laje pré-moldada com cobertura verde do tipo extensiva (Alveolar Leve)

O terceiro sistema analisado, assim como o anterior, é composto por laje pré-moldada com lajotas e vigotas, sobre a laje pré-moldada é despejada uma camada de concreto de 4 cm e Fck de 20 MPa. A área total de cobertura da laje é de 154,19 m². A impermeabilização da laje para o recebimento da cobertura

verde é composta por manta asfáltica protegida com filme de alumínio gofrado de espessura de 0,8 mm.

O sistema de cobertura Alveolar Leve é composto de uma membrana alveolar que faz a reserva de água. Seu uso permite inclinação no telhado com valores de até 10° ou 20%. A Figura 22 ilustra o segundo sistema de cobertura analisado.

Figura 22 - Sistema 03 - laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Leve.



Fonte: A Autora (2018).

A Tabela 11 apresenta o custo total e o custo por metro quadrado do sistema analisado acima.

Tabela 10 - Custo Laje pré-moldada com cobertura verde do tipo Modular Alveolar Leve

Custo Total	Custo m²
R\$ 29.970,16	R\$ 194,37

Fonte: A Autora (2018).

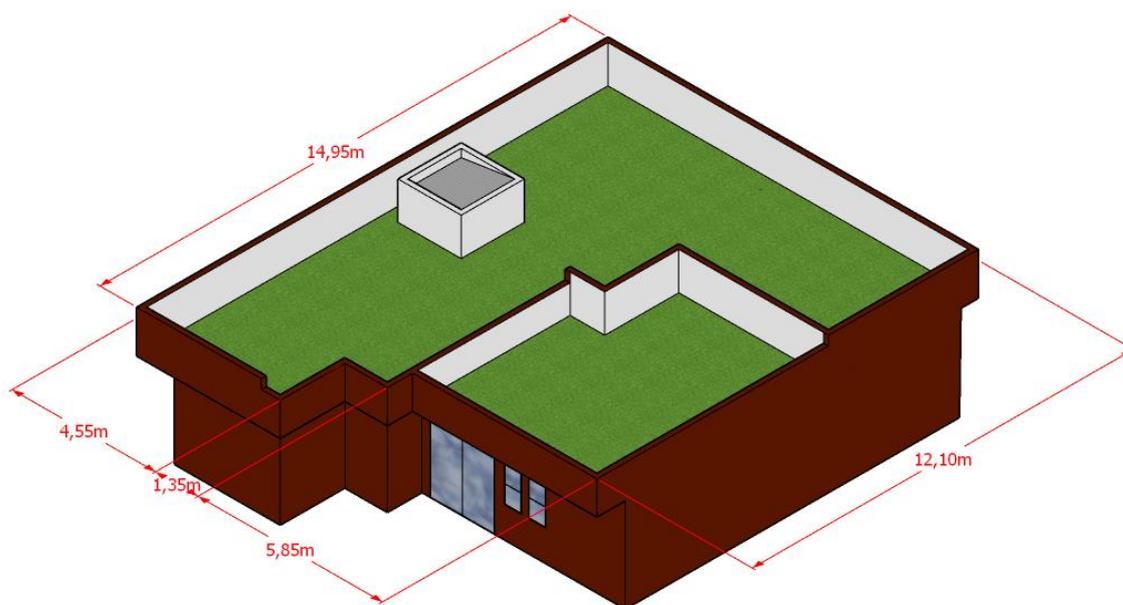
A tabela com todas as composições utilizadas para a realização do orçamento do sistema está disponível no Apêndice B.

6.4.4 Sistema 04 - laje com cobertura verde moldada in loco

O último sistema descrito, assim como o anterior, é composto por laje pré-moldada com lajotas e vigotas, sobre a laje pré-moldada é despejada uma camada de concreto de 4 cm e Fck de 20 MPa. A área total de cobertura da laje é de 154,19 m². A impermeabilização da laje para o recebimento da cobertura verde é composta por manta asfáltica protegida com filme de alumínio gofrado de espessura de 0,8 mm.

Sobre a superfície impermeabilizada foi colocada a primeira camada de manta geotêxtil (tecido 100% poliéster não tecido agulhado de filamentos contínuos). Sobre a manta é realizada uma camada de argila expandida com espessura de 3 cm em toda a extensão do telhado que desempenha função de uma camada drenante, para então receber outra camada de manta geotêxtil, essa com a finalidade de reter o substrato. O substrato com espessura média de 5 cm é espalhado por toda a superfície da cobertura, e está pronto para receber a vegetação escolhida, a grama esmeralda. A Figura 23 ilustra o segundo sistema de cobertura analisado.

Figura 23 - Laje pré-moldada com cobertura verde moldada in loco.



Fonte: A Autora (2018).

A Tabela 12 apresenta o custo total e o custo por metro quadrado do sistema analisado acima.

Tabela 11 - Custo Laje pré-moldada com cobertura verde moldada *in loco*.

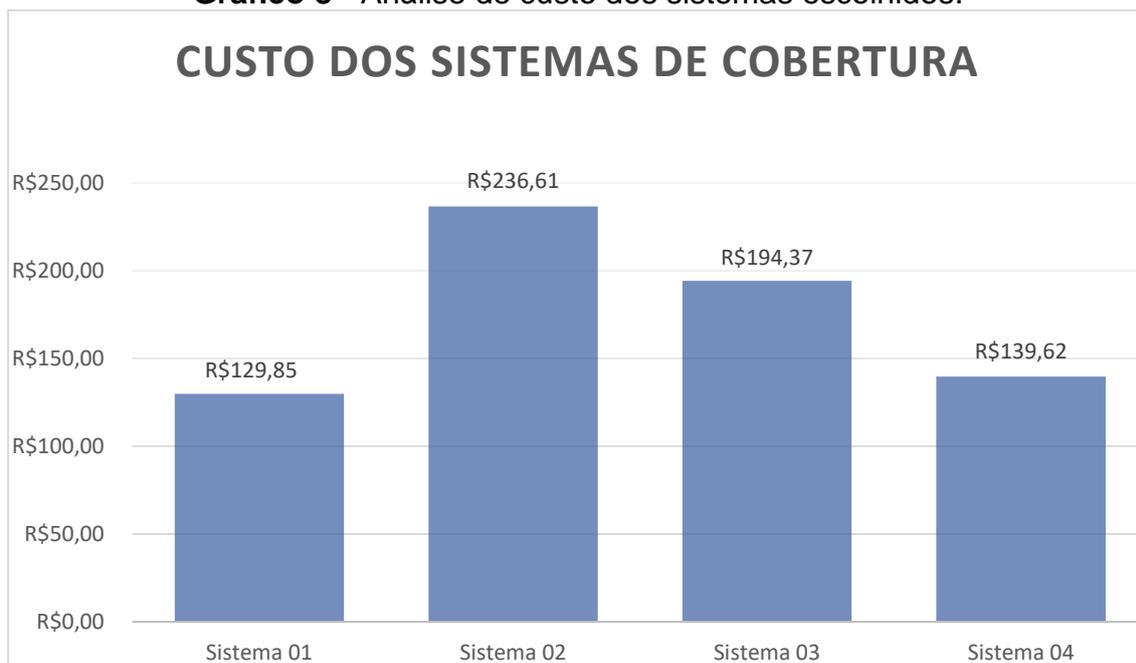
Custo Total	Custo m ²
R\$ 21.527,67	R\$ 139,62

Fonte: A Autora (2018).

A tabela com todas as composições utilizadas para a realização do orçamento do sistema está disponível no Apêndice D.

6.4.5 Análise comparativa de custos

A comparação de custos foi feita com os valores obtidos por m² para cada sistema, utilizando a tabela SINAPI e a tabela de custos fornecida pela empresa EcoTelhado. O Gráfico 8 apresenta uma comparação direta entre os quatro sistemas analisados, sendo possível analisar a variação de custo entre eles.

Gráfico 8 - Análise de custo dos sistemas escolhidos.

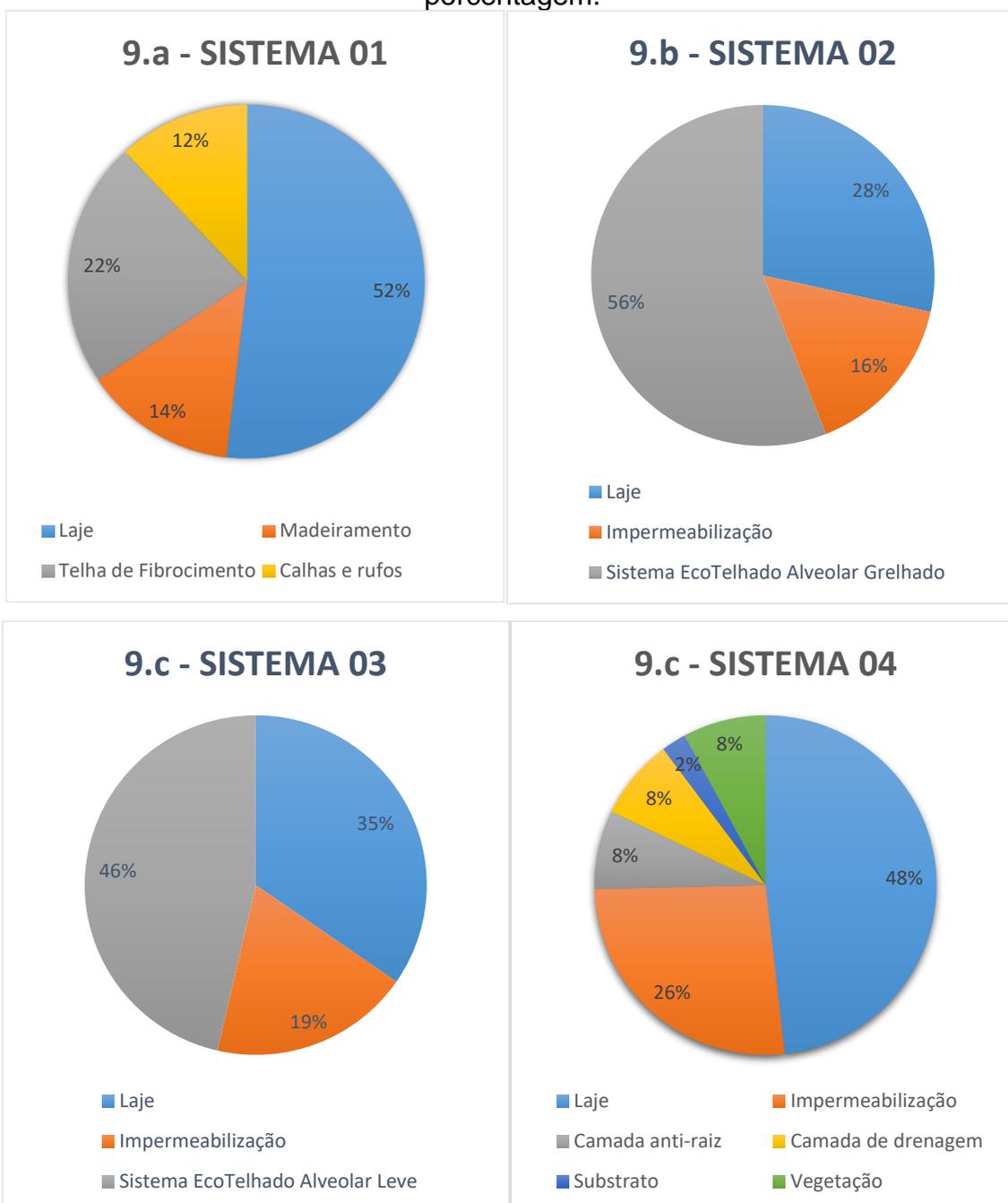
Fonte: A Autora (2018).

Através do Gráfico 8, pode-se verificar que o Sistema 01 (laje com cobertura em fibrocimento) possui o menor preço entre os quatro sistemas analisados, com um custo de R\$129,85/m². O Sistema 02 teve o maior custo entre os sistemas, com um custo de R\$236,61/m², sendo mais que o dobro custo do Sistema 01. O Sistema 03 apresentou um custo de valor intermediário entre os sistemas analisados, com um valor de R\$194,37/m².

Os telhados verdes orçados de acordo com a empresa EcoTelhado (Sistemas 02 e 03) apresentam custo superior aos outros dois sistemas, pois a empresa é especializada em execução desses tipos de sistemas, e possuem um controle tecnológico maior e materiais desenvolvidos exclusivamente para a realização desse tipo de cobertura.

O Sistema 04 foi o que apresentou o menor valor entre os sistemas de cobertura verde analisados, com um valor de R\$139,62/m². O Sistema possui custo R\$9,77/m² maior que o Sistema 01, tido como o sistema tradicional. Esse valor representa um valor de 7% a mais no custo total da cobertura quando comparado com Sistema 01. No Gráfico 9 é possível visualizar a porcentagem que cada material da cobertura representa sobre o custo total do sistema.

Gráfico 9 - Representação do custo dos componentes de cada sistema em porcentagem.



Fonte: A Autora (2018).

Analisando os gráficos, pode-se constatar que, dependendo do sistema utilizado, a distribuição do peso dos preços dos materiais pode mudar totalmente. No Gráfico 9.c, a execução da laje pré-moldada é responsável por 52% do preço final da cobertura, enquanto nos outros sistemas essa etapa representa menos que a metade do preço final.

A execução do sistema pré-moldado de telhado verde nos sistemas 02 e 03 apresentou valores elevados quando comparados com a execução da laje e impermeabilização, chegando a representar 56% do preço final da cobertura.

7. CONCLUSÃO

As questões socioambientais vêm ganhando cada vez mais espaço nas construções em geral. Sendo a indústria da construção civil uma das que mais causam impactos ambientais, torna-se necessário aos profissionais da área buscar com mais frequência soluções sustentáveis de construção. Telhados verdes, ou coberturas verdes, como destacado ao longo do trabalho, se mostram promissores como uma alternativa sustentável devido a alguns de seus aspectos, como o aumento de áreas verdes e a melhoria da qualidade do ar. Todavia, tanto barreiras financeiras como barreiras culturais impedem esse tipo de sistema construtivo de conquistar visibilidade nas cidades brasileiras.

O telhado verde tem como definição uma cobertura vegetal aplicada sobre o teto de uma construção, sendo composto por diversas camadas que desempenham diferentes funções. Diversos autores apontam os custos dos telhados verdes como o principal obstáculo para sua execução, explicado pelo custo dos materiais empregados e a sobrecarga na estrutura da construção e o possível surgimento de patologias em função da utilização desse tipo de sistema. A análise dos benefícios, que estão ligados tanto a estrutura da edificação quanto ao entorno da mesma, demonstram a eficiência do telhado verde como cobertura, reforçando a necessidade de políticas de incentivos de sua implantação em zonas urbanas.

Essa pesquisa buscou apresentar o uso de telhados verdes como uma alternativa sustentável de cobertura, comparando o custo de cada sistema verde com um sistema tradicional. A análise de resultados mostrou que é possível construir um sistema sustentável, principalmente quando é analisa-se o clima da região, pensando em sua economia cumulativa no futuro, que teve um custo inicial levantado 32,1% maior que um sistema tradicional.

Os sistemas de telhado verde modulares executados por empresas especializadas apresentaram custos muito superiores ao sistema tradicional,

com o Sistema 02 chegando a custar pouco mais que o dobro do custo do Sistema 01. Esse alto custo inicial pode ser compensado ao longo dos anos quando se pensa no aumento do ciclo de vida da estrutura do telhado e na baixa manutenção desses tipos de sistema.

Deste modo, empresas e consumidores devem buscar a implantação de novas alternativas sustentáveis, colocando em segundo plano os sistemas tradicionais utilizados atualmente e estimulando o crescimento de mão-de-obra especializada e fornecedores de materiais, visto que os retornos sociais e econômicos desses tipos de sistema são acumulativos e de longo prazo.

A área de possíveis pesquisas em relação a telhados verdes mostra-se muito ampla, possuindo vastas possibilidades de complementação da pesquisa realizada. Temas como a análise do ciclo de vida do telhado verde, a economia de energia gerada, os efeitos da retenção de água do sistema e a construção de protótipos para melhor analisar sua influência quando executada no município podem ser uma forma de complementar os dados obtidos no trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 15575-5: edifícios habitacionais: desempenho: parte 5: requisitos para sistemas de coberturas.** Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. **NBR 9574: Execução de Impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2008.

ANDRADE, N. C.; RORIZ, M. **Comportamento térmico de cobertura verde utilizando a grama *Brachiaria Humidicola* na cidade de São Carlos, SP.** *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, 2009.

ARAÚJO, S. R. **As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado Verde e sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BARBOSA, G. S. **O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. Revista Visões, v. 1, n.4, jan./jun. 2008.

BASTOS, F. A. **Avaliação do Processo de Fabricação de Telhas e Blocos Cerâmicos Visando a Certificação do Produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BRASILIT. **Telhas de Fibrocimento Brasilit**. 2013. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br/>>. Acesso em 12 maio 2018.

BRITO, J. de; PAULO, P. V. **Classificação Das Coberturas Inclínadas E Respectivos Revestimentos**. Setembro de 2004. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/280933485>>. Acesso em 21 ago. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **O Que É SINAPI**. 2018. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poderpublico/apoiopoderpublico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 23 abril 2018.

CARVALHO, G. M. **Proposta Técnica E Econômica Da Implantação De Um Sistema De Telhado Verde**. 2017. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2017.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A. **Uso de telhados verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano**. Atitude, Construindo Oportunidades: revista de divulgação científica da Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, Porto Alegre, v. 4, n. 7, p. 75-81, 2010.

CLIMATE-DATA. 2018. **Clima: Barra do Garças**. Disponível em <<http://climate-data.org>>. Acesso em 13 mar. 2018.

COLTRI, P. P. **Influência do Uso e Cobertura do Solo no Clima de Piracicaba, São Paulo: Análise de Séries Históricas, Ilhas de Calor e Técnicas de Sensoriamento Remoto**. 2006. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CORDEIRO, F. R. F. de S. **Orçamento E Controle de Custos Na Construção Civil**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

CONSTRUBUSINESS. **12º Congresso Brasileiro da Construção**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://sinaprocim.org.br>>. Acesso em 12 mar. 2018.

DIAS, A. da S. **Avaliação Do Desempenho Térmico De Coberturas Metálicas Utilizadas Em Edificações Estruturadas Em Aço**. Dissertação (Mestrado em Estruturas Metálicas) - Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2010.

DICIO. **Dicionário de Português Online**, 2018. Disponível em: <<http://dicio.com.br>>. Acesso em 25 ago 2018.

DORNELES, D. M. **Lajes Na Construção Civil Brasileira: Estudo De Caso Em Edifício Residencial Em Santa Maria-RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro De Tecnologia, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria, 2014.

ECOTELHADO. 2018. **Conheça o Projeto Sustentável com Telhado Verde do IFB**. Disponível em <<http://www.ecotelhado.com>>. Acesso em 20 mar. 2018.

FERRAZ, I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica.**

Dissertação (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FLORIM, L. C.; QUELHAS, O. L. G. **Contribuição Para a Construção Sustentável: Características de um Projeto Habitacional Ecoeficiente.**

Revista Produção, Florianópolis, v. 5, n. 2, junho de 2005.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico.** 7. ed. Stúdio Nobel, 2006.

GARCIA FILHO, D. de O.; ROSA, S. D.; CEZAR, R. O.; D'AVILA, R. D.; D'AVILA, M. R. **Análise da Eficiência Energética, com Base nas Variações de Temperatura, Sobre a Tecnologia Telhado Vivo, Implantada no Prédio Cinco do Campus Central da PUCRS.** XII Salão de Iniciação Científica PUCRS, 2011.

IBGE. **Censo Demográfico,** 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 14 mar. 2018.

IBGE. **Sistema Nacional De Pesquisa De Custos E Índices Da Construção Civil : Métodos De Cálculo.** IBGE, Coordenação de Índices de Preços. – Rio de Janeiro, 2017.

JOHNSTON, J.; NEWTON, J.. **Building Green: A Guide to Using Plants on Roofs, Walls and Pavements.** Greater London Authority, Londres, 2004.

KÖHLER, M.; SCHMIDT, M.; LAAR, M.; GRIMME, F. W.; PAIVA, V. L. de A.; TAVARES, S. **Green Roofs in Temperate Climates and In the Hot-Humid Tropics – Far Beyond the Aesthetics.** Environmental Management and Health, v. 13 n. 4, p. 382-391, 2002. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/loi/emh>>. Acesso em 25 abr. 2018.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Classificação Climática de Köppen-Geiger**, 1928.

LUCKETT, K. **Green Roof: Construction and Maintenance**. Greensource Series, 2009.

MARKO. **Catálogo: Roll-on - Sistema de cobertura metálica**. Rio de Janeiro, 2008.

MATTOS, A. D. **Como Preparar Orçamentos de Obras**. 1ª Edição. São Paulo: PINI, 2006.

OLIVEIRA, P. W. B. A. **Elaboração de Orçamento De Obras na Construção Civil**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Departamento De Engenharia Civil E Ambiental, Universidade Federal Da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ONU, 1987, Brundtland. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Imprensa da Universidade de Oxford.

PECK, S. W.; CALLAGHAN, C. Canada Mortgage and Housing Corporation. **Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada**. 1999.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

PINHEIRO, M. D. **Construção Sustentável: mito ou realidade?** In: VII Congresso Nacional De Engenharia Do Ambiente, 2003, Lisboa.

RANGEL; A. C. L. da C.; ARANHA; K. C.; SILVA, M. B. C. **Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade**. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 35, dezembro de 2015.

RECIFE. Lei n. 18.112, de 12 de janeiro de 2015. **Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “telhado verde”, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo de escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências.** Lex: Legislação Municipal de Recife. 2004.

RELATÓRIO DO IPCC, 5., 2014. **Sumário para os Tomadores de Decisão do Quinto Relatório de avaliação, Grupo de Trabalho II do IPCC: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade.** Tradutores: Magno Castelo Branco e Karla Sessin-Dilascio, 2014. Disponível em: <<http://www.iniciativaverde.org.br>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

SAVI, A. C. **Telhados Verdes: Análise Comparativa De Custo Com Sistemas Tradicionais De Cobertura.** Monografia (especialização em construções sustentáveis) - Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SETTA, B. R. S. **Telhados Verdes Como Políticas Públicas Ambientais Para O Município De Volta Redonda–RJ.** Revista LABVERDE, v. 8, n. 1, p. 13-35, 2017.

SILVA, I. A.; SOUZA, P. A.; AVILA, S. R. D.; ZUCCHETT, T. W.; D'AVILA, M. R. **Tecnologia “telhado vivo”: estudo e potencial de integração de plantas nativas na cobertura e resgate da fauna.** Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2, p. 62-76, 2014.

SILVA, N. da C. **Telhado Verde: Sistema Construtivo de Maior Eficiência e Menor Impacto Ambiental.** 2011. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SJÖSTRÖM, C. M. **Service Life of Buildings and Buildings Products - Towards Application.** In: 8th International Conference on Durability of building materials and components, 1999, Vancouver

SNODGRASS, E. C.; MCINTYRE, L. **The Green Roof Manual: A Professional Guide to Design, Installation and Maintenance**. London: Timber Press, 2010.

SÓ TELHAS. 2018. **Telhado**. Disponível em <<https://www.sotelhas.com>> Acesso em 20 mar. 2018.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. **Telhado Verde: Uma Alternativa Sustentável para a Gestão de Águas Pluviais**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

TOMAZ, P. **Curso de Manejo de águas pluviais**. Guarulhos, SP: [s.n.], 2008.

TONIAL, M.; FERNANDES, V. M. C.; GIL, A. S. L.; FIORI, S.; SCORTEGAGNA, V.; FERREIRA, M. de C.; ADAMES, D. B. **Telhados Verdes: Uma Perspectiva Contemporânea**. Revista CIATEC – UPF, vol.9 (1), p. 46-57, 2017.

TONOLI, G. H. D. **Aspectos Produtivos e Análise do Desempenho do Fibrocimento Sem Amianto no Desenvolvimento de Tecnologia Para Telhas Onduladas**. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

TORGAL, F. P.; JALALI, S.. **A Sustentabilidade dos Materiais**. Coimbra: Gráfica Vilaverdense, 2010.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA 2008. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies**. Disponível em <<http://www.epa.gov/heatisland>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

VACARI, T. C. **Caracterização Da Qualidade Da Água Pluvial Retida Em Módulos Experimentais De Telhados Verdes E O Seu Estudo Como Alternativa Tecnológica Para Redução Do Volume Da Água Pluvial Escoada**. 2015.

VECCHIA, F. **Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental**. Encac, Enlacac. Maceio, out. 2005.

VERGARA, L. G. L.; PIPPI, L. G. A.; BARBOSA, A. R. **Aplicação de Telhado Verde como Tecnologia Sustentável para o Projeto de Edificações Residenciais**. Natal, 2009. Disponível em <http://www.infohab.org.br>. Acesso em 13 mar. 2018.

ZAMPIEIRI, J. N. F. **Produção mais limpa na construção civil: o uso do bloco cerâmico modular como proposta de redução de resíduos no canteiro de obras**. 2018. Monografia (Pós-Graduação *lato sensu* em gestão e planejamento ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, 2018.

APÊNDICE A - Composição de custos do Sistema 01

SISTEMA 1 - LAJE PRÉ-MOLDADA COM TELHADO DE FIBROCIMENTO							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (R\$)	VALOR (R\$)
1	74202/002	SINAPI/maio 2018	LAJE PRÉ-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VÃOS ATÉ 3,50M/E=8CM, C/ LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA.	m²	154,19	67,32	10.380,07
2	92543	SINAPI/maio 2018	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m²	135,68	9,76	1.324,24
3	92566	SINAPI/maio 2018	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE ESTRUTURA PONTALETADA DE MADEIRA NÃO APARELHADA PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS E PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m²	135,68	10,52	1.427,35
4	94210	SINAPI/maio 2018	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MÁXIMA DE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO.	m²	135,68	33,22	4.507,29
5	94228	SINAPI/maio 2018	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 50 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m	22,15	46,13	1.021,78
6	94231	SINAPI/maio 2018	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m	56,98	23,87	1.360,11
						Custo	20.020,84

APÊNDICE B - Composição de custos do Sistema 02

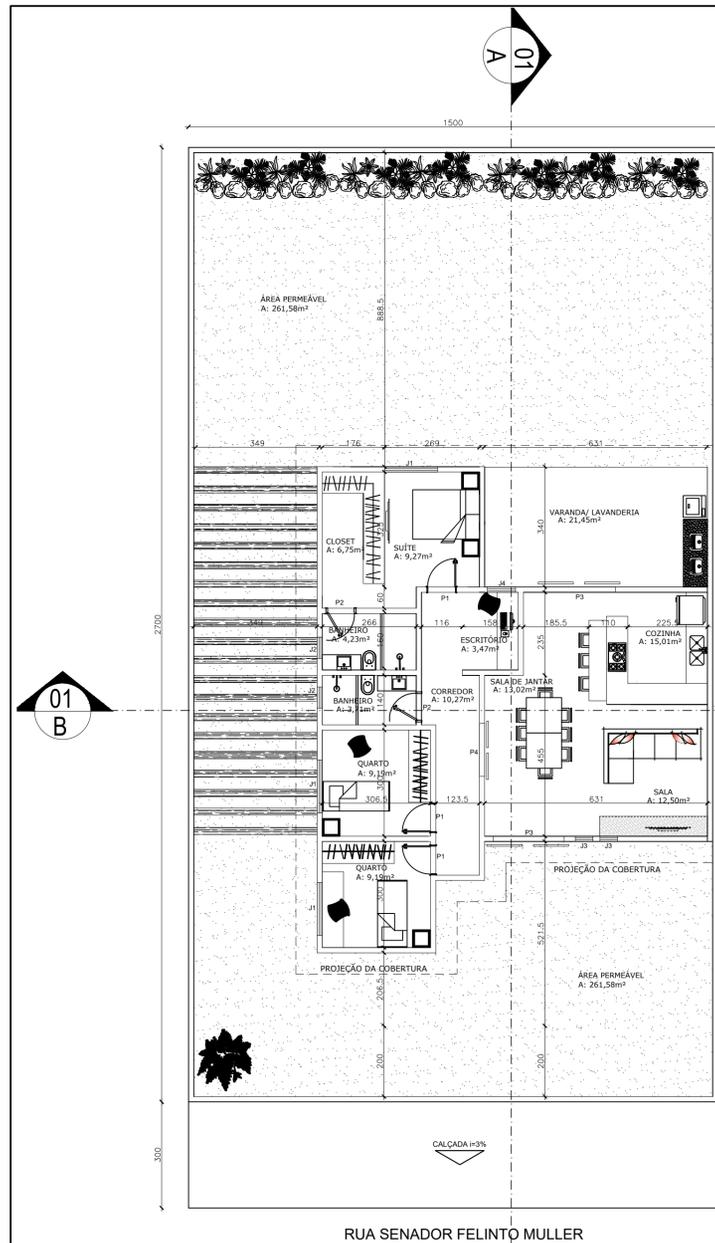
SISTEMA 02 - LAJE PRÉ-MOLDADA COM COBERTURA VERDE DO TIPO ALVEOLAR GRELHADO						
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR (R\$)
1	74202/002	SINAPI/maio 2018	LAJE PRÉ-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/ LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA.	m ²	154,19	10.380,07
2	74033/001	SINAPI/maio 2018	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM GEOMEMBRANA (MANTA TERMOPLASTICA LISA) TIPO PEAD, E=2MM.	m ²	139,15	5.682,89
3	—	Ecotelhado/julho 2018	SISTEMA ECOTELHADO ALVEOLAR GRELHADO	m ²	135,68	20.419,84
Custo Total:						36.482,80

APÊNDICE C - Composição de custos do Sistema 03

SISTEMA 03 - LAJE PRÉ-MOLDADA COM COBERTURA VERDE DO TIPO ALVEOLAR LEVE						
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR (R\$)
1	74202/002	SINAPI/abril 2018	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 NEGATIVA.	m ²	154,19	10.380,07
2	74033/001	SINAPI/abril 2018	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM GEOMEMBRANA (MANTA TERMOPLÁSTICA LISA) TIPO PEAD, E=2MM.	m ²	139,15	5.682,89
3	—	Ecotelhado/julho 2018	SISTEMA ECOTELHADO ALVEOLAR LEVE	m ²	135,68	13.907,20
Custo Total:						29.970,16

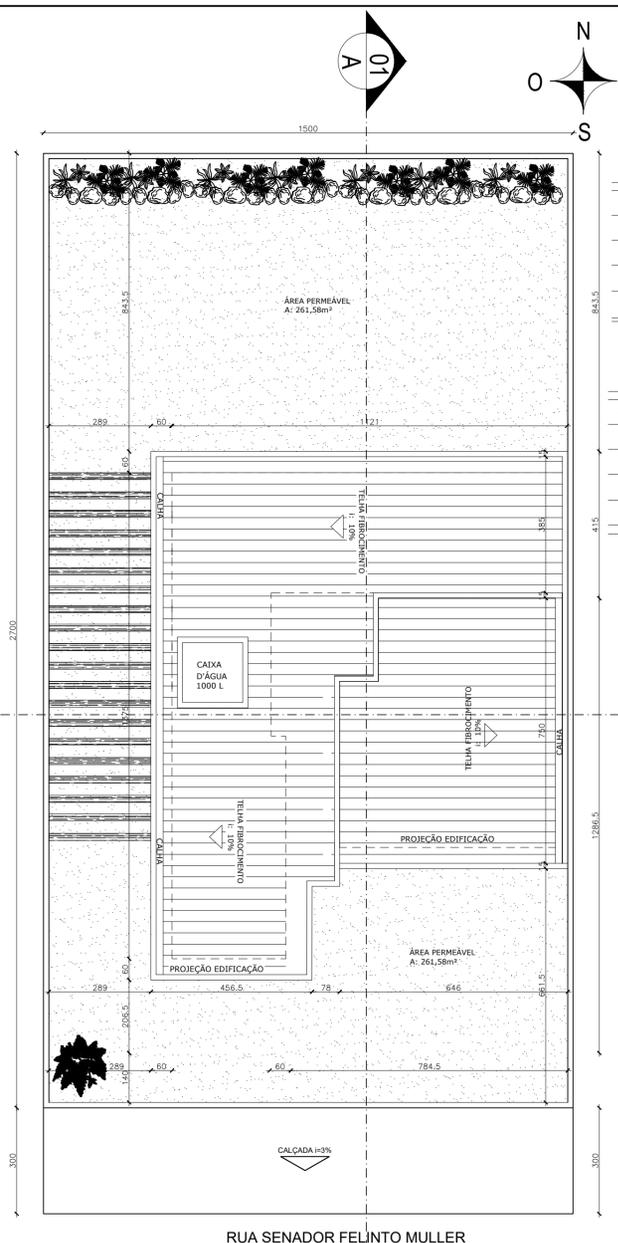
APÊNDICE D - Composição de custos do Sistema 04

SISTEMA 04 - LAJE PRÉ-MOLDADA COM COBERTURA VERDE MOLDADA IN LOCO							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO (R\$)	VALOR (R\$)
1	74202/002	SINAPI/maio 2018	LAJE PRÉ-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VÃOS ATE 3,50M/E=8CM, C/ LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA.	m ²	154,19	67,32	10.380,07
2	74033/001	SINAPI/maio 2018	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM GEOMEMBRANA (MANTA TERMOPLÁSTICA LISA) TIPO PEAD, E=2MM.	m ²	139,15	40,84	5.682,89
3	73881/001	SINAPI/maio 2018	EXECUÇÃO DE DRENO COM MANTA GEOTÊXTIL 200 G/M2.	m ²	278,30	5,81	1.616,92
4	34549	SINAPI/maio 2018	ARGILA EXPANDIDA, GRANULOMETRIA 2215.	m ³	8,35	197,66	1.650,26
5	7253	SINAPI/maio 2018	TERRA VEGETAL (GRANEL).	m ³	6,96	72,85	506,85
6	85180	SINAPI/maio 2018	PLANTIO DE GRAMA ESMERALDA EM ROLO.	m ²	139,15	12,15	1.690,67
						Custo Total:	21.527,67



RUA SENADOR FELINTO MULLER

02 PLANTA BAIXA
01 ESC. 1 : 100



RUA SENADOR FELINTO MULLER

03 PLANTA COBERTURA
01 ESC. 1 : 100

QUADRO DE ABERTURAS
JANELAS

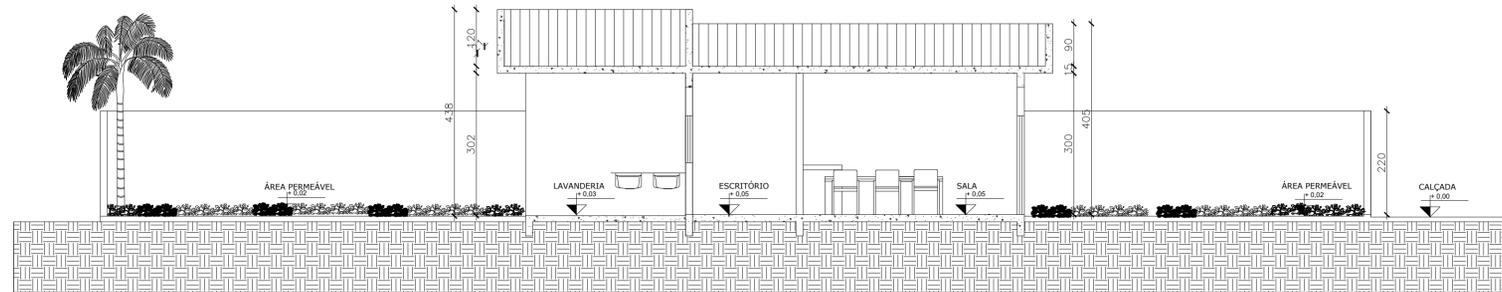
JANELAS	LARGURA	FOLHAS	ALTURA	PEITORIL	TIPO/MATERIAL
J1	150	01	100	110	Correr - Vidro Temperado
J2	60	-	60	180	Máximo-ar - Alumínio/Vidro Temperado
J3	50	01	110	100	Janela Basculante - Vidro Temperado
J4	80	01	100	110	Janela Basculante - Vidro Temperado

PORTAS

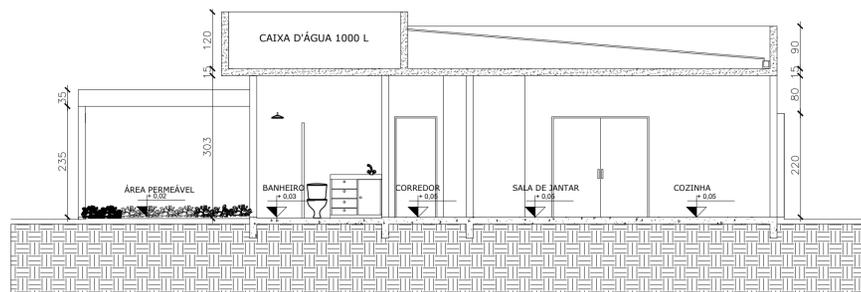
PORTAS	LARGURA	ALTURA	FOLHAS	TIPO/ MATERIAL
P1	80	210	01	Abrir - Madeira
P2	70	210	01	Abrir - Madeira
P3	200	210	02	Correr - Vidro Temperado
P4	150	210	02	Correr - Vidro Temperado

12	19	RUA SENADOR FELINTO MULLER
11	20	
10	21	
9	18	
8	23 A: 450m²	
7	24	
6	25	

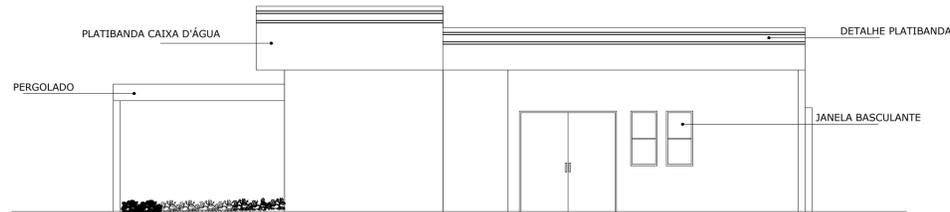
01 PLANTA SITUAÇÃO
ESC. 1 : 500



04 CORTE AA
01 ESC. 1 : 75



05 CORTE BB
01 ESC. 1 : 75



06 FACHADA FRONTAL
01 ESC. 1 : 75

QUADRO DE ÁREAS

ÁREA CONSTRUÍDA	130,89m²
ÁREA PERMEÁVEL	261,58m²
ÁREA DO TERRENO	450,00m²

ANEXO I - PROJETO ARQUITETÔNICO DA RESIDÊNCIA BASE		93
DESCRIÇÃO		
NOTAS		
1. MEDIDAS EM CENTÍMETROS. 2. NÃO TOMAR MEDIDAS EM ESCALA. 3. CONFERIR MEDIDAS NA OBRA.		
ASSUNTO	PLANTA BAIXA, CORTE AA E BB, FACHADA, PLANTA DE COBERTURA E PLANTA DE SITUAÇÃO	PROJETO ARQUITETÔNICO
ENDEREÇO	RUA SENADOR FELINTO MULLER, LOTE Nº 23 QUADRA 181, JARDIM NOVA BARRA DO GARÇAS, BARRA DO GARÇAS-MT.	ÁREA CONSTRUÍDA 130,89 m²
OBSERVAÇÕES	PROJETO REFERENTE À CONSTRUÇÃO DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR	ÁREA DO TERRENO 450,00 m²
		FOLHA 01/01
		ESCALA INDICADA
RESPONSÁVEL TÉCNICO	PROPRIETÁRIO	
APROVAÇÃO:		