

**Telhado Verde da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais:
uma abordagem técnica e financeira****Green Roof of the library of the Pontifical Catholic University of Minas Gerais: a
technical and financial approach**Tiago Luiz da Costa¹
Letícia Helen de Rezende²**Resumo**

Telhado verde é um sistema de engenharia que permite o crescimento de vegetação na laje de uma edificação, representando um habitat para espécies nativas ou migratórias, melhorando a qualidade de vida e o meio ambiente nos centros urbanos, proporcionando aumento da taxa de permeabilidade do solo, evaporação e evapotranspiração, diminuindo assim o risco de inundações, além de garantir conforto térmico e acústico. O objetivo desse artigo é sugerir a execução de um telhado verde para a laje da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, unidade Barreiro, verificando sua viabilidade técnica e financeira. Observou-se a estrutura que compõe o telhado verde e fez-se um estudo dos materiais a serem utilizados na concepção da cobertura verde da biblioteca. A vegetação proposta é baseada nos aspectos climáticos e o tipo de bioma que compõem a região. Após determinação dos materiais que contemplarão o sistema, realizou-se orçamento detalhado de acordo com as tabelas de insumos vigentes.

Palavras-chave: Telhado. Vegetação. Materiais. Orçamento.

Abstract

Green roof is an engineering system that allows the vegetation growth in the slab of a building, representing a habitat for native or migratory species, improving the quality of life and the environment in urban centers, providing increased rate of soil permeability, evaporation and evapotranspiration, thus decreasing the risk of flooding, in addition to ensuring thermal and acoustic comfort. The aim of this article is to suggest the execution of a green roof for the slab of Pontifical Catholic University of Minas Gerais, unidade Barreiro's library, verifying its technical and financial viability. The structure that makes up the green roof was observed and a study of the materials to be used in the design of the green cover of the library was made. The suggested vegetation was based on climatic aspects and the type of biome that compose the region. After

Artigo recebido em 08 de Julho de 2018 e aprovado em 04 de junho de 2019

¹ Engenheiro Civil – PUC Minas Barreiro. E-mail: tiagocosta.eng@outlook.com

² Graduanda em Engenharia Civil – PUC Minas Barreiro. E-mail: leticiahelen.rezende@hotmail.com

determining the materials that integrate the system, a detailed budget was fulfilled according to the current inputs tables.

Key-words: Roof. Vegetation. Materials. Budget.

1 Introdução

A indústria da construção civil é identificada pela capacidade de deflagrar consideráveis impactos ambientais em suas atividades principais e adjacentes, podendo contribuir no assoreamento de rios, desmatamento para implantação de obras, retirada drástica de árvores nativas por exploração dos recursos minerais, disposição inadequada de resíduos sólidos, poluição do ar, bem como significativos prejuízos sociais e de qualidade de vida da população. As mudanças ocasionadas pela urbanização crescente das cidades incluem o aumento da temperatura devido às distinções entre as propriedades térmicas da vegetação e dos materiais de construção e o acréscimo da taxa de impermeabilização do solo que minimiza a infiltração, evaporação e evapotranspiração da água, provocando inundações em períodos de precipitação elevada.

Neste cenário urbano, a vegetação tem estabelecido uma estreita relação com o ambiente construído. Segundo Martelli (2015), a arborização urbana colabora para o ganho de um ambiente urbano agradável e melhora a qualidade de vida nas cidades e, portanto, na saúde dos habitantes. Gonçalves (2012), explica que a necessidade de estabelecer a relação entre cidadania e o meio ambiente está expressa no direito de o indivíduo ter um ambiente saudável, no dever que cada um tem de defender a preservação, o equilíbrio dos recursos naturais, da fauna e flora da região.

Ao longo dos anos, o homem tem buscado soluções para mitigar os danos ambientais oriundos do progresso tecnológico nas grandes cidades, ocasionado pelo descuido com o meio ambiente, não prevenindo os danos causados por este desenvolvimento. De acordo com Heneine (2008), na construção civil, há a emergente necessidade de propostas que busquem a renovação de técnicas e de materiais ambientalmente corretos que possam diminuir impactos ambientais. Uma das técnicas empregadas para minimizar esses danos é a construção de telhados verdes.

Telhado verde ou cobertura verde, conforme explica Heneine (2008), consiste no uso de solo e vegetação, disposto sobre uma laje impermeável, com utilização de camadas adicionais, como dispositivos de drenagem, barreira de raízes e sistema de irrigação. Os telhados verdes, de acordo com Araújo (2007), podem ser classificados como intensivos, extensivos e semi-intensivos.

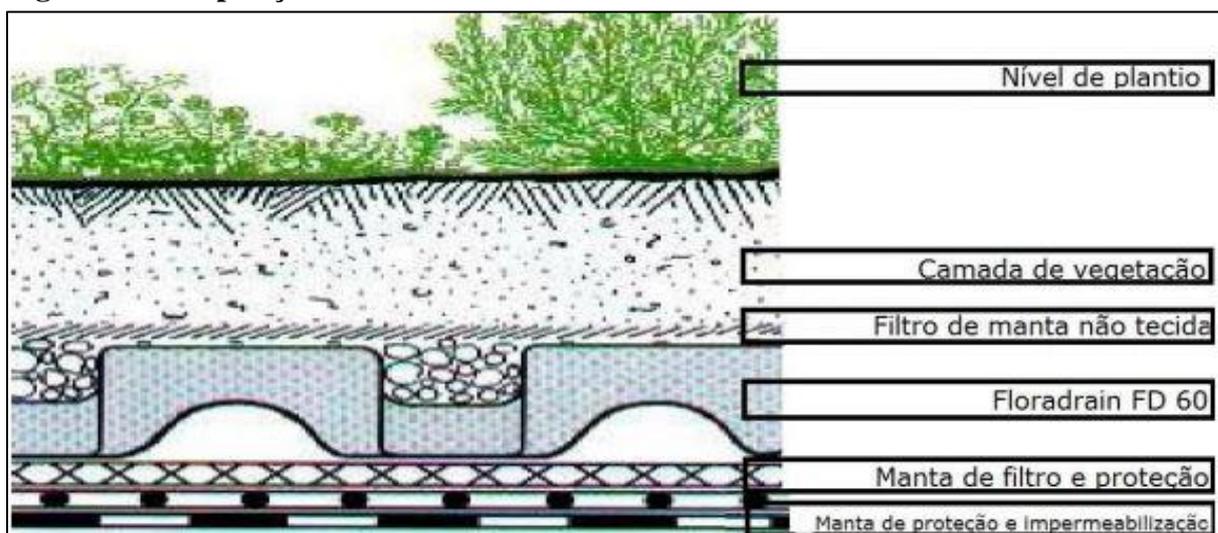
A cobertura verde intensiva se caracteriza pelo uso de arbustos e plantas de médio porte dispostas sobre camadas de solo maiores que 20 cm. Em detrimento disso, é necessário se propor e calcular uma estrutura mais reforçada para suportar as cargas distribuídas e os esforços extras oriundos das plantas, do solo e da água. No telhado verde extensivo, usa-se vegetações de pequeno porte, dispostas em camadas de solo menores que 20 cm. A última classificação, assim, reúne características dos telhados verdes intensivos e extensivos ao mesmo tempo. A Tabela 1 estabelece as principais diferenças entre os três sistemas (SILVA, 2011).

Tabela 1 - Tipos de Telhado Verde

Itens	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Semi-Intensivo	Telhado Verde Intensivo
Frequência de manutenção	Baixa	Periódica	Alta
Necessidade de Irrigação	-	Periódica	Regular
Tipologia de plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura do sistema	60 - 200 mm	120 - 250 mm	150 - 400 mm
Peso	60 - 150 kg / m ²	120 - 200 kg/m ²	180 - 500 kg / m ²
Custo	Baixo	Médio	Alto
Utilização	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

Fonte: (SILVA, 2011).

As coberturas verdes podem ainda ser classificadas como inacessíveis e ou acessíveis, sendo a primeira uma área em que não é possível ou planejada a circulação de pessoas, podendo ter um formato curvo ou plano com inclinações. A periodicidade da irrigação, manutenção, poda das raízes e fertilização dependerá das espécies selecionadas para o projeto. As coberturas acessíveis são abertas a circulação de pessoas, como um terraço ou jardim suspenso, propiciando benefícios sociais aos usuários, agregando valor econômico ao empreendimento (ARAÚJO, 2017). De acordo com Silva (2011), o telhado verde é constituído por 6 camadas, conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 - Composição do telhado verde

Fonte: (SILVA, 2011).

- a) Camada impermeabilizante: protege a laje contra infiltrações. Os impermeabilizantes mais utilizados são materiais betuminosos e sintéticos;
- b) Membrana de proteção contra raízes: tem a função de controlar o crescimento das raízes;
- c) Camada para captação de água (dreno): camada constituída geralmente de britas, argila expandida e seixos, com a função de drenar a água pluvial dando vazão a água excedente, além de agirem como filtro separando os poluentes. A espessura da camada varia entre 7 e 10 cm;
- d) Camada filtrante: tem a função de reter partículas que seriam levadas pela chuva;
- e) Solo e substrato: o solo deve estar em uma espessura suficiente para a troca de nutrientes e um balanceamento adequado da relação entre água e ar para as raízes;
- f) Vegetação: a escolha das espécies de plantas depende do objetivo do telhado e o quanto este poderá receber de carga.

Com base nessas informações, esse artigo surge com uma proposta de telhado verde a ser implementado na laje da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, unidade Barreiro, fazendo uma análise das técnicas construtivas a serem implementadas e a orçamentação, verificando a sua viabilidade econômica e fazendo uma comparação estimada com os danos causados se a técnica não fosse implementada.

2 Desenvolvimento

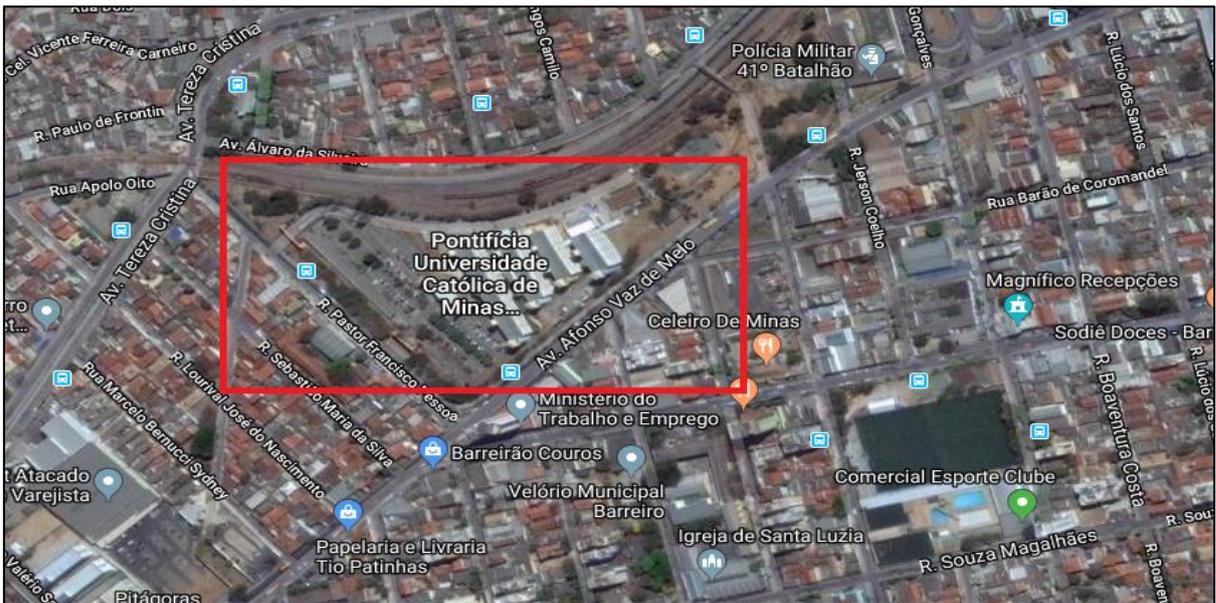
2.1 Materiais e Métodos

Para a implantação do telhado verde, objeto de estudo deste artigo, primeiramente fez-se uma análise do local de sugestão de execução, seguido de análise dos materiais, tipos de espécies de plantas e métodos a serem empregados para a viabilização da obra, e por fim, estudo financeiro orçamentado em conformação com as tabelas de insumos vigentes.

2.1.1 Local de implantação

O local a ser estudado fica na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC- MG), na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, conforme mostrado na Figura 2. A proposta é introduzir um telhado verde sobre a laje da biblioteca da instituição de ensino. A laje possui uma área de 188m² e perímetro de 88m.

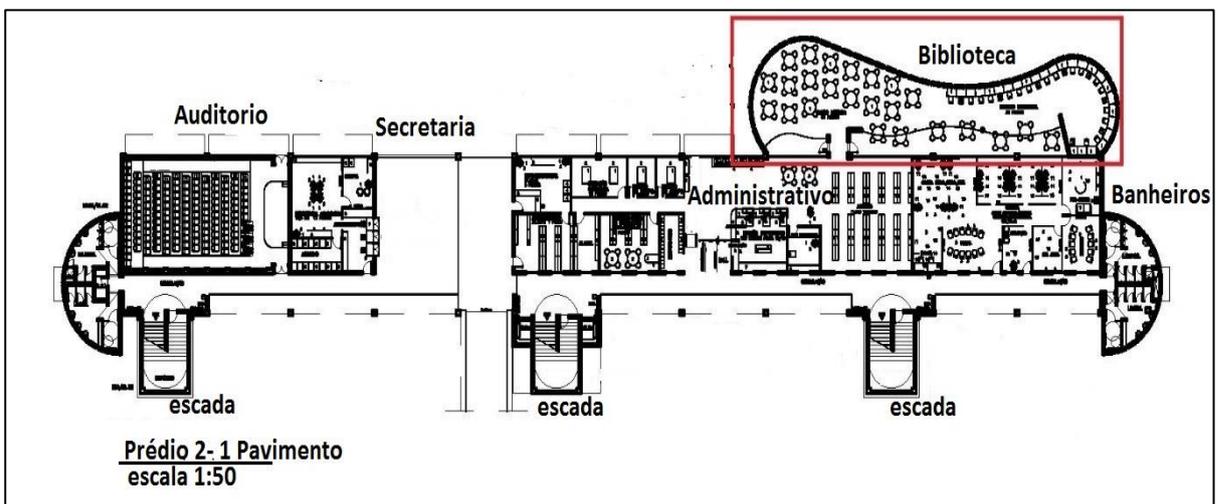
Figura 2 - Local de Implantação do telhado verde



Fonte: (EXTRAÍDO E MODIFICADO DE GOOGLE MAPS, 2018).

A Figura 3 mostra a planta baixa da estrutura, que é um anexo de um dos 5 prédios da universidade:

Figura 3 - Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

A estrutura, em concreto armado, foi construída no ano de 2004, conforme mostrado na Figura 4 (REVISTA PUC MINAS, 2016).

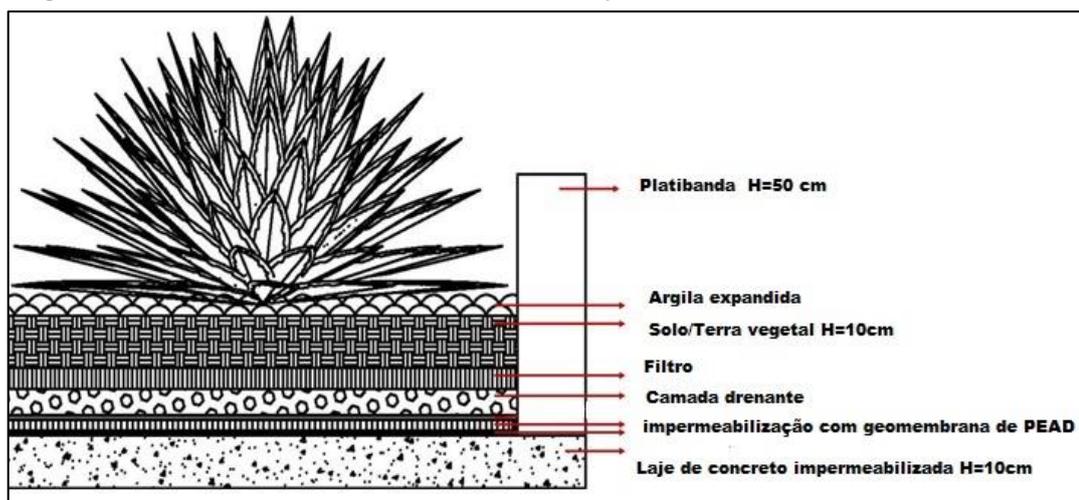
Figura 4 - Construção da laje da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais



Fonte: (REVISTA PUC MINAS, 2016).

A proposta é implantar um telhado verde extensivo sobre a laje da biblioteca da universidade. As características da estrutura de camadas do telhado verde estão exemplificadas na Figura 5:

Figura 5 - Estrutura do telhado verde da laje da biblioteca



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

2.1.2 Impermeabilização

A laje da biblioteca tem espessura de 10 cm, com inclinação de 1%. A estrutura, de concreto armado, foi impermeabilizada, na época de sua construção, com emulsão asfáltica, entretanto, para o assentamento do telhado verde, a impermeabilização indicada é manta de polietileno de alta densidade (PEAD), com espessura de 2mm.

A impermeabilização com geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) é realizada com sistema de solda térmica, que é um dos sistemas mais indicados juntamente com a membrana de PVC, pois estes resistem bem às raízes e tem uma durabilidade 3 vezes maior do que a manta asfáltica. Sua aplicabilidade é regida pela ABNT NBR 15352 (2006) referente a mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização. A Figura 6 demonstra uma laje impermeabilizada com geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD).

Figura 6 - Laje impermeabilizada com geomembrana de PEAD



Fonte: (AUTONOMY, 2015).

A ABNT NBR 9575 (2010), referente a seleção e projetos de impermeabilização, orienta que a inclinação do substrato das áreas horizontais deve ser de no mínimo 1% em direção aos coletores de água, sendo necessário uma impermeabilização de no mínimo 25% ascendente a laje. Também se impermeabiliza a platibanda em 30 cm ao longo do perímetro da laje. Após a impermeabilização, é importante a realização do teste de estanqueidade para verificação da eficácia de instalação do sistema.

2.1.3 Camada drenante

A camada drenante é responsável pela captação, direcionamento da água pluvial e irrigação de todo o sistema, conduzindo-os para o deságue. Neto (2012) orienta que sejam utilizados materiais de origem mineral, porosos, de canto rolado e com baixo peso. Para o estrato drenável do telhado verde da biblioteca, a proposta é a utilização de argila expandida (Figura 7). A espessura dessa camada é de 7 cm.

Figura 7 - Argila expandida



Fonte: (NETO, 2012).

A ideia é que a água pluvial seja coletada através de calhas e condutos verticais e desaguada em um reservatório inferior. Esta água é bombeada novamente até o telhado verde para a rega das plantas, e logo após a água é filtrada pela camada de substrato, areia e cascalho, sendo ciclicamente reutilizada.

2.1.4 Filtro

A finalidade do filtro em um sistema de telhado verde é reter as partículas finas provenientes do substrato que podem obstruir a camada de drenagem. O geotêxtil é composto de fibra sintética semelhante a um feltro. Os seguintes critérios devem ser seguidos (NETO, 2012):

- a) Resistência à ruptura e à compressão;
- b) Ser imputrescível;
- c) Ser compatível com os materiais que estão em contato, com isso, não proporcionando reações químicas;
- d) Permitir o crescimento das raízes;
- e) Ser resistente a ação de microrganismos.

Para o telhado verde da biblioteca, indica-se a aplicação de manta geotêxtil, não tecido, agulhado de filamentos contínuos com 100% poliéster, popularmente conhecido como “Bidim”.

2.1.5 Substrato de suporte de vida vegetal

O substrato é uma mistura de elementos inorgânicos e orgânicos com a propriedade de manter o nível dos nutrientes, oxigenação e umidade. A espessura do substrato é de 10 cm, característica do telhado verde extensivo. O Quadro 1 mostra as características do substrato.

Quadro 1 - Características do substrato

OS SUBSTRATOS DEVEM TER:
Boa capacidade de retenção de água
Alto conteúdo de fração mineral
Alto conteúdo em matéria orgânica de origem natural
Alta capacidade de intercâmbio catiônico
Alta estabilidade biológica
Homogeneidade na mistura
Boa capacidade de reumectação
Baixa taxa de contração
Ausência de patógenos vegetais e de fitotoxicidade residual
Baixa inflamabilidade
Baixa salinidade
Baixa alcalinidade
Baixo conteúdo de cal ativa (virgem)
Estabilidade na manutenção de suas propriedades
Baixa compactação

Fonte: (NETO, 2012).

A proposta é implantar uma mistura de adubo e terra vegetal objetivando um melhor desempenho e qualidade de vida ao jardim, bem como a vida útil do mesmo, pois nesta condição, não é aconselhado o uso somente da terra vegetal.

2.1.6 Vegetação

Para a seleção da vegetação a ser utilizada na concepção do telhado verde, deve-se levar em consideração fatores como o microclima, o regime de chuvas, manutenção disponível, aparência e durabilidade. Segundo Heneine (2008), para coberturas verdes extensivas, são utilizadas plantas resistentes à seca, pois têm que sobreviver à intensa radiação solar, baixo suprimento de nutrientes e áreas limitadas para as raízes.

2.1.6.1 Estudo de fatores microclimáticos, pluviométricos e da vegetação característica do município de Belo Horizonte

Conforme explica o site Weatherspark (2018), na cidade de Belo Horizonte, a estação com precipitação é úmida e de céu encoberto, enquanto a estação seca é de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o clima é morno, com temperatura variando de 13 °C a 29 °C. Já a probabilidade de dias com precipitação em Belo Horizonte varia acentuadamente ao longo do ano, apresentando média anual de pluviosidade de 1349 mm. O mês de dezembro tem a maior precipitação, com média de 255 mm. O mês de junho apresenta-se como o mais seco, com média aproximada de 0 mm.

A vegetação da área se divide em dois tipos: Matas e Cerrado-Campos-Capoeira (GOMES, 2005).

2.1.6.2 Vegetação para o telhado verde.

A sugestão de plantas a serem utilizadas no telhado verde, conferindo as características microclimáticas e pluviométricas da cidade de Belo Horizonte, bem como a quantidade ideal para atendimento da área e volume, previstos em cálculo, estão listadas no Quadro 2:

Quadro 2 - Especificações das plantas a serem utilizadas no telhado verde

Vegetação			
	Nome Científico	Nome Popular	Quantidade
1	Agave angustifolia	Piteira-do-Caribe	56
2	Tibouchina Grandifolia	Orelha-de-Onça	8
3	Justicia Phylocalyx	Acanthaceae	18
4	Eryngium Paniculatum	Língua de Tucano	2
Forração			
	Nome Científico	Nome Popular	
5	Mesosetum Chaseae	Gramma-do-Cerrado	

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

2.1.7 Platibanda

A laje da biblioteca não possui parede horizontal construída, geralmente chamada de platibanda. Como este elemento é necessário para a execução do telhado verde, deve-se planejar e levar em conta a construção de uma parede em alvenaria de vedação, com altura de 50 cm para esconder as camadas do telhado verde. Essa estrutura também tem a função de conter o empuxo lateral do substrato, proporcionando uma estrutura sólida e esteticamente viável.

2.2 Orçamento

Silva et al. (2015) explica que o cálculo dos custos necessários para implementar um empreendimento é denominado orçamento. O orçamento quanto mais detalhado, mais se aproximará do custo real, resultando em lucro ou prejuízo para a obra. As etapas que compõem um orçamento são:

- Levantamento de quantitativos: uma etapa importante, pois será quantificada as atividades necessárias para a execução do empreendimento. Nesse item é feito a leitura de projetos, cálculo de áreas e volumes, consulta a tabelas normativas e tabulação de números.
- Composição de custos unitários: consiste na montagem do custo direto de todo serviço que será realizado por uma unidade básica, fundamental para se conseguir orçar o gasto de uma obra com objetividade. Índices relacionados a materiais e mão de obra são levados em conta neste mapeamento, sendo baseados nas tabelas de índices da construção civil vigentes.

- c) Leis sociais: os encargos sociais são custos incidentes sobre a folha de pagamento de salários e têm sua origem na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). O valor das leis sociais adotado, foi o mesmo utilizado por Silva et al. (2015) de 158,53%.
- d) Aplicação do BDI (bonificação e despesas indiretas): corresponde a uma taxa de despesas indiretas e lucro. Incide sobre a soma dos custos de equipamentos, mão-de-obra, materiais, etc. Esta taxa é inserida na composição dos custos unitários, e em alguns casos pode ser efetuada diretamente ao final do orçamento, sobre o custo total, com o objetivo de obter o preço de execução de obra. O BDI adotado foi o mesmo utilizado por Silva et al. (2015) de 34,01%.

2.2.1 Levantamento de quantitativos

O quantitativo de materiais, assim como o orçamento do conjunto: camada para dreno, filtro geotêxtil, substrato, vegetação e a mão de obra para implantação desses serviços, foi realizado pela empresa “A CASA GARDEN”, especializada em paisagismo. Logo, tornou-se necessário efetuar o levantamento de quantitativos para a execução da alvenaria da platibanda, revestimento argamassado, pintura externa, camada impermeabilizante, sistema de irrigação e condução de águas pluviais.

Para o levantamento da quantidade de materiais para a platibanda, foi tomado como referência os traços disponibilizados por Ribeiro (2013) para cálculo de traços para alvenaria de vedação, bem como os valores dos pesos específicos dos materiais. Na Tabela 2, encontram-se os dados técnicos para cálculo da platibanda.

Tabela 2 - Dados técnicos para cálculo dos materiais componentes da platibanda

Dados técnicos da platibanda em alvenaria de tijolo cerâmico	
Comprimento (Perímetro)	88,2 m
Altura da platibanda	0,50 m
Tipo de elemento	Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical, 9x19x39 cm - 4,5 MPa
Espessura das juntas argamassadas	1cm
Espessura	14cm, sem os revestimentos
Argamassa de assentamento	Cimento, cal hidratada e areia grossa lavada, traço 1:2:8 em volume.
Argamassas de revestimento:	
a) Chapisco (5mm de espessura)	Cimento e areia grossa lavada, traço 1:3 em volume;
b) Emboço (20mm de espessura)	Cal hidratada e areia média lavada, traço 1:2:8 em volume;

c) Reboco (5 mm de espessura)	Cal hidratada e areia fina lavada, traço 1:4 em volume.
Pesos específicos médios considerados:	
a) Cimento Portland comum	1200kg/m ³
b) Cal hidratada	1700kg/m ³
c) Areia fina seca	1400kg/m ³
d) Areia média seca	1500kg/m ³
e) Areia grossa seca	1700kg/m ³

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

O quantitativo de geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) é dado de acordo com a área da laje considerando um acréscimo de impermeabilização de 30 cm na platibanda. A área da laje foi calculada através de softwares de desenho técnico.

Para dimensionamento da canalização que irá conduzir as águas pluviais até as plantas que se encontram ao lado da biblioteca, observou-se as diretrizes da NBR 10844 (1989) referente a instalações prediais de águas pluviais, que calcula a vazão do tubo de queda de acordo com a Equação 1.

$$Q_c = \frac{I \times A_c}{60} \quad (1)$$

Onde: Q_c (l/min) é a vazão de projeto; I (mm/h) é a intensidade pluviométrica; e A_c (m²) é a área de contribuição.

A intensidade pluviométrica para a cidade de Belo Horizonte/ MG é dada de acordo com a tabela 5 da NBR 10844 (1989) que é fornecida em função do tempo de retorno, que para lajes e coberturas em geral, é de 5 anos. Logo, a intensidade pluviométrica (I) para a cidade de Belo Horizonte, com um tempo de retorno de 5 anos é de 227 mm/h. A área de concentração (A_c) é a área da laje.

Para a irrigação das plantas, optou-se por utilizar o método de irrigação por gotejamento. Essa técnica consiste na aplicação de pequenas quantidades de água na zona radicular das plantas através de uma linha de gotejadores ao longo do solo. Devido a preocupação com os recursos hídricos, desenvolveu-se esse sistema de irrigação por gotejamento que tem eficiência e menor consumo de água e energia (GALLON et al., 2015). Indica-se a utilização de uma mangueira micro perfurada para irrigação.

2.2.2 Composição de preços unitários

A composição de preços unitários, conforme explica Silva et al. (2015), possui os seguintes itens: Serviço; Unidade; Mão de obra; Material, Equipamento; Índice de produtividade e consumo; Preço unitário e preço total. O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), é um instrumento pelo qual a Administração Pública Federal estabelece os valores dos insumos e serviços fundamentais às obras e serviços de Engenharia. Para a elaboração da tabela SINAPI, de acordo com Tudo Construção (2018), são utilizados os dados coletados por

profissionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em uma pesquisa mensal de preços, em todo o país, abrangendo equipamentos e materiais de construção.

Para a elaboração do custo direto, foi utilizado, como referência, a tabela SINAPI do mês de junho de 2018 para o estado de Minas Gerais, disponibilizado pela Caixa Econômica Federal. Os custos indiretos não serão contemplados nesse artigo.

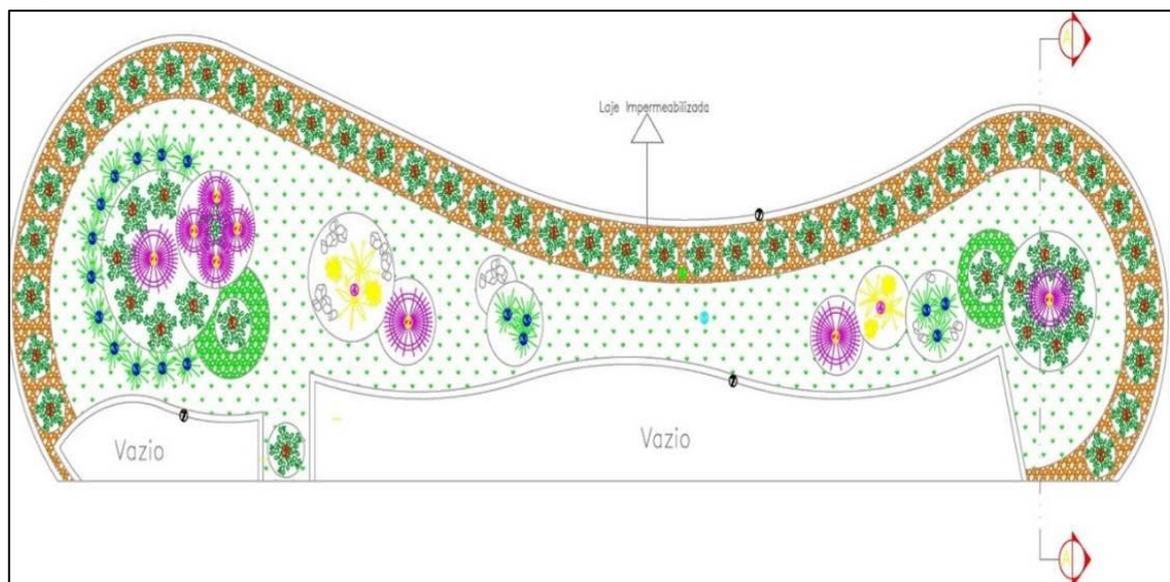
Limmer (1997) explica que após achar o custo unitário de cada serviço, insumo e mão de obra, através de índices, acrescenta-se o valor das leis sociais sobre a mão de obra, multiplica-se o valor pelo quantitativo de cada serviço, totalizando o custo direto (CD) e logo após multiplica-se pelo BDI em decimal, somando-se 1. Definindo assim, o preço de venda da obra, conforme a Equação 2.

$$PV = CD \times \left[1 + \frac{BDI}{100} \right] \quad (2)$$

2.3 Resultados e discussões

A Figura 8 mostra o detalhe, em planta baixa, de como ficaria disposto o telhado verde na laje da biblioteca e a Figura 9, em corte. As figuras estão fora de escala.

Figura 8 - Detalhe do telhado verde da biblioteca



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

Figura 9 - Corte transversal do telhado verde da biblioteca



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

As Figuras 10 e 11 mostram, parcialmente, a vista em 3D do telhado verde a ser implantado na Biblioteca da Universidade e como as plantas serão dispostas.

Figura 10 - Detalhe 3D do telhado verde (1)



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

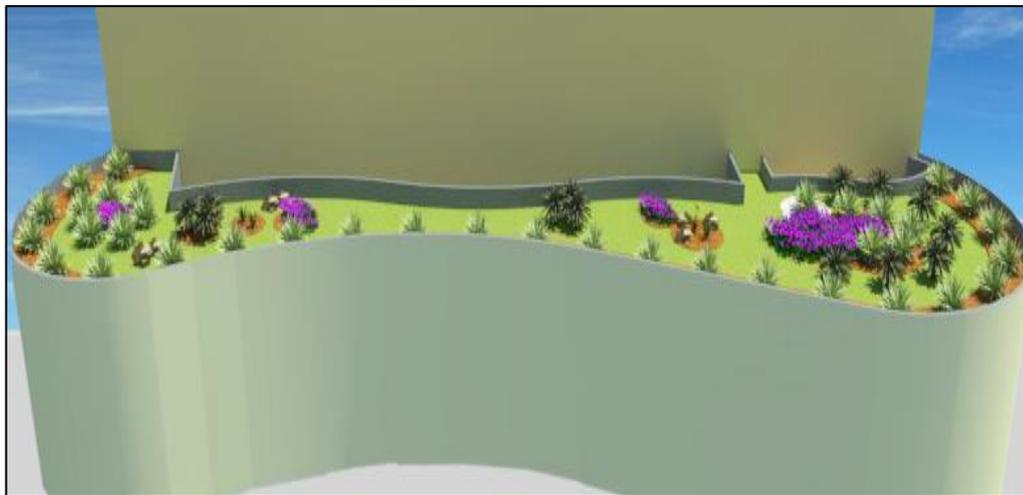
Figura 11 - Detalhe 3D do telhado verde (2)



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

A Figura 12 mostra um panorama geral de como ficaria o telhado verde em 3D.

Figura 12 - Detalhe 3D do telhado verde



Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

2.3.1 Orçamento do telhado verde

Para o cálculo do volume de revestimento argamassado, utilizou-se, como referência, os traços fornecidos por Ribeiro (2013). O volume foi obtido multiplicando-se a área da platibanda, nas duas faces, pela espessura do revestimento. A Tabela 3 exemplifica o cálculo dos volumes de revestimento argamassado.

Tabela 3 - Cálculo do volume de revestimento argamassado

VOLUME DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO		
Perímetro	-	88,20
Altura da platibanda (m)	-	0,50
Área da parede (m ²)	(88,20 m x 0,50 m)	44,10
Chapisco de 5 mm TRAÇO 1:3		
Área de chapisco (m ²)	(2 x 44,10 m ²)	88,20
Espessura do chapisco (m)	-	0,01
Volume do chapisco (m ³)	(88,20 m ² x 0,005)	0,44
Emboço de 20 mm TRAÇO 1:2:8		
Área do emboço (m ²)	(2 x 44,10 m ²)	88,20
Espessura do emboço(m)	-	0,02
Volume do emboço (m ³)	(88,20 m ² x 0,02)	1,76
Reboco de 5 mm TRAÇO 1:2:8		
Área do reboco (m ²)	(2 x 44,10 m ²)	88,20
Espessura do reboco (m)	-	0,005
Volume do reboco (m ³)	(88,20 m ² x 0,005)	0,441

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

A pintura ocorrerá apenas na face externa da platibanda, já que a face interna receberá o telhado verde. Os cálculos estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo do da área de pintura

Área de pintura externa da platibanda		
Perímetro (m)	AUTOCAD®	88,20
Altura da parede (m)	-	0,50
Área de pintura externa (m ²)	(88,20m x 0,50 m)	44,10

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

Para a área de impermeabilização, considerou-se a área da laje e a área da platibanda que será impermeabilizada até a altura de 30 cm, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo do volume de revestimento argamassado

Área de Impermeabilização - Manta de PEAD com espessura de 2mm		
Area da laje (m ²)	-	188,00
Perímetro da laje (m)	-	88,20
Altura de incidência da manta PEAD na platibanda (m)	-	0,30
Área da de impermeabilização da platibanda (m ²)	(88,20 m x 0,30 m)	26,46
Área total de impermeabilização	(26,46 m ² + 188,00 m ²)	214,46

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

A Tabela 6 demonstra o cálculo do diâmetro do tubo de queda e do recipiente de armazenamento de água da chuva. Nesse caso, desconsiderou-se a permeabilidade do substrato. O diâmetro calculado do tubo de queda foi de 75 mm, entretanto, a água irá infiltrar pelo substrato antes de escoar pelo tubo, interferindo em sua vazão, logo,

optou-se por utilizar um tubo com diâmetro de 40mm. A quantidade, em metros de instalação pluvial é de 26,05m.

Tabela 6 - Dimensionamento água pluvial

Dimensionamento do tubo de queda	
Tempo de retorno para lajes (anos)	5,00
Intensidade de chuva para Belo Horizonte (mm/h)	227,00
Coefficiente de escoamento superficial	1,00
Área de contribuição (m ²)	188,00
Vazão (l/min)	711,27
Pé direito (m)	5,21
Diâmetro do tubo (mm)	75,00
Quantidade de Tubos de queda	5,00
Quantidade de ralos	5,00
Comprimento instalação pluvial (m)	26,05

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

A mangueira, utilizada para irrigação por gotejamento, não contém na composição de preços unitários da SINAPI, portanto, tornou-se necessário consultar o preço de mercado em estabelecimentos especializados. A Tabela 7 descreve o custo unitário total para os serviços de Alvenaria e a Tabela 8 discretiza os insumos para Impermeabilização, Pintura e Instalações Pluviais. O custo total é obtido multiplicando-se o índice de produtividade pelo custo unitário de cada insumo/composição. Esse valor, será multiplicado posteriormente pelos quantitativos.

Tabela 7 - Composição de preços unitários para alvenaria (SINAPI)

ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS				
Descrição	Unid	Índice	Custo unitário	Custo total
Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical, 9 x 19 x 39 cm - 4,5 MPa	Un.	13,3500	1,01	13,48
Argamassa traço 1:2:8 (Cimento, cal e areia média) para assentamento, com betoneira	m ³	0,0104	318,72	3,31
Pedreiro com encargos complementares	H	0,5900	17,25	10,17
Servente com encargos complementares	H	0,2950	12,32	3,63
Total de assentamento de blocos cerâmicos R\$/m ²				30,59
REVESTIMENTO: CHAPISCO INTERNO E EXTERNO COM ESPESSURA DE 5 MM				
Argamassa traço 1:3 (Cimento e areia grossa) para chapisco, com betoneira	m ³	0,0156	264,83	4,13
Pedreiro com encargos complementares	H	4,0000	17,25	69,00
Servente com encargos complementares	H	4,0040	12,32	49,32
Total de chapisco R\$/m ³				122,45
REVESTIMENTO: EMBOÇO INTERNO E EXTERNO COM ESPESSURA DE 20 MM				
Argamassa traço 1:2:8 (Cimento, cal e areia média) para emboço, betoneira	m ³	0,0481	318,72	3,31
Pedreiro com encargos complementares	H	4,0000	17,25	69,00
Servente com encargos complementares	H	4,0040	12,32	49,32
Total de emboço R\$/m ³				121,63
REVESTIMENTO: REBOCO INTERNO E EXTERNO COM ESPESSURA DE 5 MM				
Argamassa traço 1:2:9 (Cimento, cal e areia fina) para reboco, com betoneira	m ³	0,0117	300,81	3,51

Pedreiro com encargos complementares	H	4,0000	17,25	69,00
Servente com encargos complementares	H	4,0040	12,32	49,32
Total de reboco R\$/m ³				121,83

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

Tabela 8 - Composição de preços unitários para impermeabilização, pintura e instalações pluviais (SINAPI)

IMPERMEABILIZAÇÃO				
Descrição	Unid	Índice	Custo unitário	Custo total
Manta termoplástica, PEAD, geomembrana lisa, e = 2,00 mm (NBR 15352)	m ²	1,0500	32,88	34,52
Pedreiro com encargos complementares	H	0,2000	17,25	3,45
Servente com encargos complementares	H	0,2000	12,32	2,46
Custo Unitário para a execução de 1 metro quadrado de impermeabilização com PEAD (R\$/m ²)				40,43
PINTURA				
Lixa em folha para parede ou madeira, número 120 (cor vermelha)	Un.	1,5000	0,55	0,82
Massa para textura lisa de base acrílica, uso interno e externo	kg	1,9380	4,83	9,36
Selador acrílico paredes internas/externas	L	0,1600	6,11	0,97
Tinta acrílica premium, cor branco fosco	L	0,3300	15,67	5,17
Pintor com encargos complementares	H	0,3110	17,18	5,34
Servente com encargos complementares	H	0,0780	12,32	0,96
Custo unitário para a execução de 1 metro quadrado de pintura (R\$/m ²)				22,62
INSTALAÇÕES PLUVIAIS				
Adesivo plástico para PVC frasco com 850 gramas	Un.	0,0049	44,08	0,21
Ralo sifonado, PCV, DN 100 x 40 mm, junta soldável	Un.	0,0696	7,14	0,49
Tubo PVC serie normal, pluvial, DN 40 mm	m	0,1631	12,47	2,03
Joelho 90 graus, PVC serie normal pluvial, DN 40 mm	Un.	0,1740	5,13	0,89
Auxiliar de encanador ou bombeiro hidráulico com encargos complementares	H	0,0350	13,09	0,45
Encanador ou bombeiro hidráulico com encargos complementares	H	0,0350	17,22	0,60
Custo unitário para a execução de 1 metro de instalação pluvial (R\$/m)				4,67

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

Para a elaboração do preço de venda, realizou-se os cálculos dispostos na Tabela 9. Ao montante final, será acrescido o valor orçado na empresa “A CASA GARDEN”, referente a camada drenante, filtro geotêxtil, substrato, vegetação e a mão de obra para implantação desses serviços, além da mangueira para irrigação por gotejamento.

Tabela 9 - Preço de Venda de alvenaria, impermeabilização e sistema de águas pluviais

BDI %						34,01
Leis Sociais %						158,53
Serviço	CPU (R\$)	Leis Sociais(R\$)	Mensuração	Custo Direto(R\$)	BDI (R\$)	Preço de Venda(R\$)
Assentamento de blocos cerâmicos (m ²)	30,59	21,88	44,10	2.313,80	1,34	3.100,72
Revestimento: Chapisco (m ³)	122,45	187,57	0,44	136,41	1,34	182,80
Revestimento: Emboço (m ³)	121,63	187,57	1,76	544,19	1,34	729,27
Revestimento: Reboco (m ³)	121,83	187,57	0,44	136,14	1,34	182,44

Impermeabilização (m ²)	40,43	9,37	214,46	10.679,92	1,34	14.312,16
Pintura (m ²)	22,62	9,99	44,10	1.437,99	1,34	1.927,04
Instalações Pluviais (m)	4,67	1,66	26,05	165,02	1,34	221,14
TOTAL						20.655,58

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

A Tabela 10 mostra o orçamento feito pela empresa “A CASA GARDEN” para a camada drenante, filtro geotêxtil, substrato, vegetação e a mão de obra para implantação desses serviços.

Tabela 10 - Orçamento da Base do jardim, das plantas e dos serviços

Valor do Investimento	
Descrição	Custo Total/Parcial
Base do Jardim (Terra+Substrato+argila+bidim)	R\$ 17.028,10
Espécies e Variedades	R\$ 3.657,00
Serviços	R\$ 5.173,40
Total	R\$ 25.858,50

Fonte: (ARQUIVO DOS AUTORES, 2018).

O valor comercial da mangueira para irrigação por gotejamento de 500 metros, no mês de junho de 2018 é de R\$ 185,00. O preço total estimado para a implantação do telhado verde, no mês de junho de 2018 é de: R\$ 25.858,50 + R\$ 20.655,58 + R\$ 185,00 = R\$ 46.699,08.

3 Considerações Finais

Diante do crescimento populacional e a conseqüente expansão da construção civil, alguns aspectos ambientais não foram observados, resultando em efeitos significativos para o meio ambiente. Neste panorama, o telhado verde surge como uma forma de minimizar impactos ambientais oriundos dessa urbanização.

O artigo surgiu como uma alternativa de implantação de um telhado verde para a biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e os resultados se mostraram satisfatórios. Verificou-se que, caso seja implantado, o telhado verde com irrigação a gotas e coletor de águas pluviais com uma durabilidade de estanqueidade de 30 a 45 anos (ECOTELHADO, 2018) teria um valor, em 2018, de R\$ 46.699,08.

Sugere-se, para estudos futuros, a verificação da capacidade da estrutura com relação ao peso do telhado verde e caso não suporte a carga, propõe-se a criação de uma estrutura aporricada acima da laje da biblioteca para resistir aos esforços oriundos da cobertura verde.

Referências

ARAÚJO, S.R. **As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos**. 2007. 28 f. Monografia Engenharia Florestal- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15352**: Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

AUTONOMY EMPREENDIMENTOS. **Aplicação de Geomembrana**. Disponível em:<
http://www.instalacaogeomembrana.com.br/index.php?site=obras_interna.php&id=6>. Acesso em: 22 mai. 2018.

ECOTELHADO. **Impermeabilização telhado verde**. Disponível em:<
<https://ecotelhado.com/impermeabilizacao-telhado-verde/>>. Acesso em: 22 de mai. 2018.

GALLON *et al.* **Irrigação por Gotejamento Uso da Água com Tecnologia para a Produção**. In: I Simpósio Internacional de Inovação em Cadeias Produtivas do Agronegócio, Vacaria, 2015. Disponível em:<<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/simposioinovacaoagronegocio/simp osioinovacaoagronegocio/paper/viewFile/4045/1263>>. Acesso em: 22 mai. 2018.

GOMES, Ivair. Sistemas naturais em áreas urbanas: estudo da regional Barreiro, Belo Horizonte (MG). **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia, p.139-150, 2005.

GONÇALVES, T.P.; SANTOS Jr, A.R. Projeto Construindo a Ecocidadania- percepções acerca das atividades de Educação Ambiental. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, v. 3. p. VII-029-1-VII-029-5, Goiânia, 2012.

GOOGLE. Google Maps. **Avenida Afonso Vaz de Melo, 1200, Barreiro, Belo Horizonte, Minas Gerais**. Disponível em: <
<https://www.google.com.br/maps/place/Av.+Afonso+Vaz+de+Melo,+1200+-+Barreiro,+Belo+Horizonte+-+MG,+30640-070/@-19.977166,-44.0277297,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xa6be0cb0c9261b:0xd8773afd9786872c!8m2!3d-19.977166!4d-44.025541>>. Acesso em: 29 mai. 2018.

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. 2008. 49 f. Monografia para Especialização em Construção Civil - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, Orçamento e Controle de projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

MARTELLI, A.; JR, A. R. S. Arborização Urbana do município de Itapira – SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1018-1031, 2015. Disponível em:<
<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/15968/pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2018.

NETO, P.S.G. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água da chuva:** Projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre essa técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil. 2012. 177 f. Projeto de Graduação em Engenharia Civil - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

RIBEIRO, Carmem Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil.** 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

REVISTA PUCMINAS. **Memória viva.** Belo Horizonte, n.13, 2016. Disponível em:< <http://www.revista.pucminas.br/materia/memoria-viva-13/>>. Acesso em: 02 Abr. 2018.

SILVA, Kássio. *et al.*, **Orçamento: a composição de custos na construção civil.** Revista Pensar Engenharia. Belo Horizonte, v.3, n.1, 2015. Disponível em:< http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a143.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2018.

SILVA, N.C. **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental.** 2011. 63 f. Monografia de especialização em Engenharia Civil- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Belo Horizonte.** Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30612/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Belo-Horizonte-Brasil-durante-o-ano#Sections-Humidity>>. Acesso em: 24 mai. 2018.