

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CARLOS VINÍCIUS ALVES CLEMENTE

IGOR RAFFAEL PEREIRA COURTE DE ARAÚJO

**UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

ANÁPOLIS / GO

2019

CARLOS VINÍCIUS ALVES CLEMENTE
IGOR RAFFAEL PEREIRA COURTE DE ARAÚJO

UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE NA CONSTRUÇÃO
CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA

ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

CLEMENTE, CARLOS VINÍCIUS ALVES/ ARAÚJO, IGOR RAFFAEL PEREIRA COURTE

Utilização do telhado verde na construção civil

61P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Telhado verde

2. Cobertura verde

3. Sustentabilidade

4. Desenvolvimento sustentável

1. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CLEMENTE, Carlos Vinicius Alves; ARAÚJO, Igor Raffael Pereira Courte. Utilização do telhado verde na construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 61p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Carlos Vinicius Alves Clemente

Igor Raffael Pereira Courte de Araújo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Utilização do telhado verde na construção civil

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

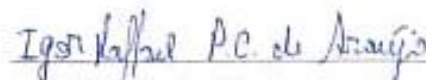
ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Carlos Vinicius Alves Clemente

E-mail: carlosnicus@hotmail.com



Igor Raffael Pereira Courte de Araújo

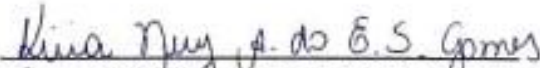
E-mail: igor_raffael@hotmail.com

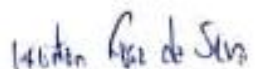
**CARLOS VINÍCIUS ALVES CLEMENTE
IGOR RAFFAEL PEREIRA COURTE DE ARAÚJO**


**UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:


**KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**


**WELINTON ROSA DA SILVA, mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**


**ANDERSON DUTRA E SILVA, especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 02 de dezembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças para lidar com os desafios diários e me guiar diante das adversidades, pois sem Ele nada seria possível.

Agradeço a minha família por sempre estar me apoiando, me incentivando e me ensinando a ser uma pessoa cada dia melhor, em especial ao meu avô Jamim que infelizmente não pôde estar aqui para me ver formando, mas que é uma pessoa fundamental para essa conquista em minha vida.

Agradeço aos meus colegas Igor Raffael, Dalilla Lima e Mauro Mauricio, que hoje se tornaram amigos inseparáveis, irmãos, companheiros que ajudaram a me tornar uma pessoa melhor e acompanharam de perto minha jornada durante esses anos, me apoiando e aconselhando.

Agradeço aos meus professores, que nesses 5 anos transmitiram seu conhecimento e mostraram o caminho para se tornar um excelente profissional, em especial a professora Kíria Nery, que além de uma professora espetacular, aceitou o desafio de nos orientar nesse momento mais delicado de nossas vidas.

Agradeço também a minha namorada que nessa reta final, me apoiou e me ajudou a a manter a calma e os pés no chão.

.....

Carlos Vinícius Alves Clemente

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me ajudado todo esse tempo, me ensinando a ter fé e coragem para lutar e alcançar meus objetivos.

Agradeço meus pais e meus familiares por sempre acreditar e mim, pelo incentivo e por ter lutado sempre para me ajudar, me protegendo e me fazendo sentir seguro nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos, pela amizade, pela compreensão e por proporcionar momentos incríveis, e por sempre ajudar todo esse tempo de faculdade.

Agradeço aos professores que durante todos esses 5 anos, compartilharam seus conhecimentos, nos ensinando e ajudando no crescimento profissional.

Agradeço principalmente a querida orientadora Kíria Nery Alves, que sempre se dispôs de maneira excepcional em orientar, ensinar e por ser essa pessoa maravilhosa. E meu amigo Carlos Vinícius, por toda essa caminhada e sempre me ajudar, com muita dedicação e sabedoria.

.....

Igor Raffael Pereira Courte de Araújo

RESUMO

O telhado verde surgiu no ano 600 a.C., e desde então vem sendo usado como uma técnica para diminuir os impactos ambientais causados pelas ações humanas, desde o desmatamento até a poluição do ar. Como o mercado vem aceitando aos poucos essas ideias inovadoras, em alguns países, como o Brasil, os serviços e custos ainda são escassos, principalmente em alguns estados, mas já existe empresas especializadas nesse método construtivo, onde oferece todos os serviços e materiais necessários para a instalação do telhado verde. A cobertura verde por si só, traz vários benefícios tanto para seus usuários, como para o meio ambiente, como a diminuição da temperatura local em até 3°C, conforto acústico e térmico, melhor qualidade do ar e da água da chuva, diminui o escoamento superficial da água, diminuição do efeito ilha de calor e muitos outros benefícios que foram citados durante este trabalho. O telhado verde possui basicamente 3 tipos de sistemas de instalação: modular, alveolar e laminar, eles se diferenciam pelos tipos de materiais usados e pela forma de instalação, de acordo com cada tipo de telhado no qual será implantado. O tipo de vegetação são basicamente dois tipos, o intensivo e o extensivo, o semi-intensivo é a ligação entre os outros dois tipos. O custo para adquirir o telhado verde depende muito da região onde está localizada a edificação, a empresa pelo qual será responsável pela instalação da cobertura, o tipo do telhado que será usado de acordo com a estrutura do telhado e as manutenções que devem ser feitas. Em relação ao estudo de caso, foi escolhido um projeto de uma edificação na cidade de Anápolis-GO, onde de acordo com a empresa escolhida para realizar o orçamento da cobertura, analisou o melhor sistema para adaptar com a edificação e posteriormente, foi realizado um levantamento quantitativo de materiais e os custos necessários à instalação do telhado verde. Concluiu-se que a diferença entre os custos do telhado verde e do telhado convencional de telha de cimento foi de 54% a mais, lembrando que como a cobertura verde traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade, o investimento vale a pena, mesmo que a empresa contratada não seja da região

PALAVRAS-CHAVE:

Telhado verde. Cobertura verde. Benefícios.

ABSTRACT

The green roof appeared in the year 600 BC, and has since been used as a technique to lessen the environmental impacts caused by human actions, from deforestation to air pollution. As the market has been gradually accepting these innovative ideas, in some countries, such as Brazil, services and costs are still scarce, especially in some states, but there are already companies specializing in this constructive method, where it offers all the necessary services and materials. Green roof installation. Green mulching alone has several benefits for both its users and the environment, such as lowering the local temperature by up to 3 ° C, acoustic and thermal comfort, better air and rainwater quality, lowering the surface runoff, decreased heat island effect and many other benefits that were cited during this work. The green roof has basically 3 types of installation systems: modular, honeycomb and laminar, they differ by the types of materials used and the form of installation, according to each type of roof on which it will be installed. The vegetation type is basically two types, the intensive and the extensive, the semi-intensive is the link between the other two types. The cost of purchasing the green roof depends largely on the region where the building is located, the company for which it will be responsible for installing the roof, the type of roof that will be used according to the roof structure and the maintenance that must be done. Regarding the case study, a building project was chosen in the city of Anápolis-GO, where, according to the company chosen to budget the roof, analyzed the best system to adapt with the building and subsequently, a quantitative survey of materials and the costs required to install the green roof. It was concluded that the difference between the costs of green roof and conventional cement tile roof was 54%, remembering that as the green roof brings benefits to both the environment and society, the investment is worth even the contractor is not from the region

KEY WORDS:

Green roof. Green cover. Benefits

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jardins Suspenso de Etemenanki, na Babilônia.....	21
Figura 2 - Telhados verdes em Düsseldorf.....	23
Figura 3 - Terraço-Jardim Roberto Burle Marx no Ministério da Educação e Saúde.....	24
Figura 4 – Sistema Extensivo - Telhado do Carrefour em Viena, Áustria.....	25
Figura 5 – Sistema Intensivo - Edifício Matarazzo, atual sede da Prefeitura de São Paulo.....	25
Figura 6 - Camadas necessárias para construção do telhado verde.....	26
Figura 7 - <i>Steel Deck</i>	27
Figura 8 - Aplicação de manta asfáltica	28
Figura 9 - Aplicação da membrana de PVC	28
Figura 10 - Membrana Anti-Raíz	29
Figura 11 - Membrana alveolar de Polietileno Tereftalado modificado com Glicol.....	31
Figura 12- Sistema de drenagem utilizando argila expandida.....	32
Figura 13 - Manta Geotêxtil	32
Figura 14 - Aplicação do Substrato	34
Figura 15 - Aspargo.....	35
Figura 16 - Bulbine.....	36
Figura 17 - Clorofito.....	36
Figura 18 - Clúsia	37
Figura 19 - Grama Amendoim	37
Figura 20 - Hera Inglesa	38
Figura 21 - Vinca Pendente	39
Figura 22 - Sistema modular	40
Figura 23 - Módulo modular	41
Figura 24 - Placa PETG.....	41
Figura 25 - Sistema Laminar	43
Figura 26 - Planta de locação	46
Figura 27 - Área do telhado verde	46
Figura 28 - Sistema Modular Alveolar Leve	47
Figura 29 - Módulo Plástico Alveolar Ecotelhado	48
Figura 30 - Membrana de Absorção	49
Figura 31 - Substrato Leve EcoTelhado	49

Figura 32 - Forth Gel	50
Figura 33 - Grama esmeralda	50
Figura 34 - Ilustração do sistema alveolar leve	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise inicial

45

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Quantitativo dos materiais	51
Tabela 2 – Orçamento de material	55
Tabela 3 - Resumo	55

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIB	Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção
EVA	Acetato Etil Vinila
IGRA	International Green Roof Association
NBR	Norma Brasileira
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
SINC	Sindicato Nacional das Indústrias de Concreto
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNEP	United Nations Environment Programme
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 METODOLOGIA	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 SUSTENTABILIDADE	17
2.1 HISTÓRICO	17
2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
3 TELHADO VERDE	21
3.1 ORIGEM.....	21
3.2 APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE PELO MUNDO E NO BRASIL	22
3.3 CLASSIFICAÇÃO DO TELHADO VERDE	24
3.4 COMPONENTES PARA CONSTRUÇÃO DO TELHADO VERDE	26
3.4.1 TIPOS DE ESTRUTURA PARA A INSTALAÇÃO DO TELHADO	26
3.4.2 Camada de impermeabilização com lâmina anti-raiz para coberturas verdes ..	27
3.4.3 Isolamentos	28
3.4.4 Barreira Anti-Raíz	29
3.4.5 Camada de proteção	30
3.4.6 Sistema de drenagem	30
3.4.6.1 Camada de drenagem para cobertura extensiva.....	31
3.4.6.2 Camada de drenagem para cobertura intensiva.....	31
3.4.7 Filtro	32
3.4.7.1 Camada de filtração para coberturas extensivas	33
3.4.7.2 Camada de filtração para coberturas intensivas	33
3.4.8 Substrato	33
3.4.9 Vegetação	34
3.4.9.1 Características da vegetação para coberturas verdes extensivas.....	34
3.4.9.2 Características da vegetação para coberturas verdes intensivas	38
3.5 MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DO TELHADO VERDE.....	39
3.5.1 Sistema Modular	39

3.5.2	Sistema Alveolar	41
3.5.3	Sistema Laminar	42
4	ESTUDO DE CASO	44
4.1	APRESENTAÇÃO	44
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	44
4.3	SISTEMA ADOTADO	47
4.3.1	Especificação dos materiais	48
4.3.2	Quantidade de materiais utilizados	50
4.3.3	Descrição do serviço	52
4.3.3.1	Passo a passo para a instalação do sistema	52
4.3.3.2	Cuidados a serem tomados.....	52
4.3.3.2.1	<i>Após a instalação</i>	53
4.3.3.2.2	<i>Períodos de estiagem</i>	53
4.3.4	Observações importantes	53
4.3.5	Levantamento de custos dos materiais	53
4.3.6	Levantamento dos custos de instalação	54
4.4	RESULTADOS.....	54
5	CONCLUSÃO	56
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

O impacto ambiental tem sido uma questão que vem preocupando a sociedade em relação ao futuro da humanidade. O crescimento da população, que está sendo constante, é um dos fatores negativos que tem incomodado quando o assunto é meio ambiente, onde ações humanas têm desestruturado o ecossistema, implicando em uma mudança drástica na natureza. Um dos motivos é o crescente processo de industrialização e o desenvolvimento econômico, tendo como consequência o acelerado desmatamento, principalmente perto de centros urbanos, além da poluição do ar, deixando cada vez mais frágil a camada de ozônio, sem contar das ilhas de calor, onde a temperatura em áreas urbanas pode ser bem mais elevada em comparação as áreas rurais.

Outro motivo que tem aumentado os impactos ambientais é a construção civil, que é um dos motivos de grandes áreas naturais degradadas. Segundo Roth (2009), estas áreas acabam causando situações de risco com algumas consequências relevantes, como o aumento da vulnerabilidade dos lençóis freáticos e rios ou córregos próximos, danos a edificações e ruas ou estradas vizinhas, perda da qualidade do ar por meio de ruídos ou poluição, insalubridades decorrentes da deposição de resíduos e danos à população das proximidades.

Com o avanço da tecnologia e o crescimento do mercado construtivo, a indústria da construção civil tem buscado soluções que possam diminuir impactos ambientais e ao mesmo tempo desenvolver construções sustentáveis, e uma das opções que contribuem para isso é o telhado verde, que tem sido muito eficiente em vários países, principalmente na Europa, onde esse método já faz parte da construção civil, mas no Brasil é pouco usada devido a pouca mão de obra especializada.

Segundo Baldessar (2012), telhados verdes, por longo período da história da arquitetura e engenharia, vêm sendo utilizados em conotações diferentes. Suas motivações foram estéticas, vernaculares, lazer, ecológicas, e por fim sustentáveis. Hoje em dia o telhado verde traz diversos benefícios que melhoram a qualidade de vida das pessoas e ajuda no meio ambiente, entre eles a diminuição da ilha de calor, a economia de energia, a regulação de drenagem da água pluvial, isolamento acústico, entre outros.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com a crescente preocupação da sociedade em preservar o meio ambiente e tentar recuperar áreas degradadas, a construção civil vem desenvolvendo diversas técnicas para

construções sustentáveis, que visam o aproveitamento da água da chuva, conforto termoacústico, redução do consumo de energia e que ocasionem o mínimo de impacto possível naquela região. Com isso vem surgindo novos conceitos arquitetônicos que visam harmonizar e integrar as construções com o meio ambiente e um desses novos conceitos que se enquadra nessas características é a utilização de telhados verdes ou cobertura verdes, que além de agregar na estética da edificação traz inúmeros benefícios para os moradores, não só os da edificação, mas para toda região.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a aplicabilidade dos telhados verdes, que era pouco usado nos métodos de construção no Brasil, mostrando informações e benefícios que esse tipo de estrutura oferece.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Passo a passo do método construtivo do telhado verde;
- b) Tipos de materiais utilizados;
- c) Custos para utilização;
- d) Comparação com o método convencional do telhado;
- e) Aplicação do telhado verde em um projeto residencial.

1.3 METODOLOGIA

O tema telhado verde será abordado de uma forma geral junto com a sua classificação. Em seguida será descrito os sistemas empregados para a sua implantação na cobertura da construção. Para uma melhor compreensão, serão apresentados alguns exemplos.

A metodologia foi dividida em duas etapas: conceito e proposta de aplicação.

Na primeira etapa foi feita a revisão bibliográfica do tema, através de pesquisas baseadas em livros, artigos, monografias, teses de mestrado e doutorado. Em seguida, na segunda etapa é elaborada a proposta de aplicação da cobertura verde através de um projeto de uma edificação residencial localizada na cidade de Anápolis. Serão analisados todos os custos necessários para a instalação do telhado verde, junto com seus benefícios. A ideia é

poder contribuir para a propagação da sustentabilidade dentro da construção civil e, assim, divulgar o tema.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O referencial teórico será dividido da seguinte maneira:

- a) Capítulo 1: introdução ao tema citando os impactos ambientais presentes no Brasil, meios que levaram a criação do tema proposto visando integrar as construções no meio ambiente.
- b) Capítulo 2: onde surgiu o conceito de sustentabilidade, a relação de sustentabilidade com a construção civil.
- c) Capítulo 3: início da aplicação do telhado verde, como foi a sua descoberta, primeiros países a adotaram essa técnica construtiva e sua evolução com o decorrer do tempo, aplicabilidade do telhado verde na construção civil, tipo de material utilizado na sua execução, descrição do processo executivo.
- d) Capítulo 4: estudo da instalação do telhado verde em uma residência, através de um projeto disponibilizado, realizando um orçamento com a ajuda de uma empresa responsável por oferecer serviços e funcionários para a instalação.
- e) Capítulo 5: conclusão do orçamento, analisando a viabilidade e comparando com o método construtivo convencional

2 SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade é um assunto complexo, onde sua definição varia de autor para autor, porém todos concordam que esse é um setor emergente não só na construção civil, mas no dia a dia de toda a população, de forma individual ou coletiva. O termo sustentabilidade pode ser definido como uma situação que se deseja permitir a continuidade da existência humana e da sociedade, ou como uma busca por integrar aspectos econômicos, culturais, sociais e ambientais da sociedade humana como uma principal preocupação de se preservar, para que a habilidade e capacidade das gerações futuras, além dos limites do planeta, não sejam comprometidos. (ARAÚJO, 2007).

2.1 HISTÓRICO

Após a Segunda Guerra Mundial, começou a ocorrer no mundo uma crescente evolução econômica em praticamente todo o globo terrestre. Um dos principais agentes que causaram essa evolução foi a expansão da atividade industrial, dentre os fatores que impulsionaram essa extensão se destaca o crescimento populacional, a ampliação do mercado consumidor e a incessante busca de maiores lucros pelos grandes empresários. (MIRANDA, 2014)

Ocasionado por esse crescimento desenfreado da indústria, os custos econômicos e ambientais ficaram visíveis quando o meio ambiente não conseguiu mais absorver toda a poluição gerada e os custos para manter o ecossistema começou a ficar inevitável, pois a saúde e os ecossistemas começaram a ficar ameaçados. (MIRANDA, 2014)

Observando todos os problemas gerados, a Organização das Nações Unidas (ONU), realizou em 1972 em Estocolmo, na Suécia, a primeira Conferência sobre o Meio Ambiente (*United Nations Conference on the Human Environment*). Durante essa conferência eles chamavam a atenção do mundo para as consequências que a humanidade estavam causando no ecossistema e os riscos que isso estava gerando. (MIRANDA, 2014)

Essa conferência contou com a participação de 113 países, 250 ONGs (organizações não governamentais) e órgãos ligados a ONU. Uma das consequências da conferência foi a elaboração de um Plano de Ação, que convocava todas as nações a contribuírem na busca de soluções para os problemas de cunho ambiental. (MIRANDA, 2014)

Em 1983 a ONU retomou esse debate ambiental, indicando a primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, para comandar a Comissão Mundial sobre o Meio

Ambiente, que possuía a missão de desenvolver estudos aprofundados sobre o meio ambiente. Os resultados desses estudos foi publicado em 1987, com o nome de “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório de Brundtland” e foi nesse relatório que se usou pela primeira vez o termo desenvolvimento sustentável, destacando-se a real abrangência dos aspectos envolvidos e deixando estabelecido o conceito de uso sustentável como sendo qualquer ação realizada para “suprir as necessidades da geração presente sem afetar a possibilidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades” [...] Relatório de *Brundtland* (1987 *apud* CORREA 2009).

Á partir de então a ONU vem realizando conferências para debater as consequências e as principais soluções dos principais impactos ambientais. Dentre essas conferências se destaca a ECO-92 realizada no Rio de Janeiro, no Brasil, no ano de 1992 que foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, e a de Kyoto, no Japão, no ano de 1997 que a foi conferência que tratou da Cúpula do Clima e Aquecimento Global. (MIRANDA, 2014)

2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Côrrea (2009), a consciência da construção sustentável deve estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento, começando desde sua concepção até sua renovação, desconstrução ou demolição. Faz-se necessário um detalhamento do que pode ser feito em cada fase na obra, comprovando aspectos e impactos ambientais e como estes itens devem ser utilizados para que se tenha um empreendimento que seja ao mesmo tempo, ideia, implantação e moradia sustentáveis.

A construção civil segundo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria prima produzida em todo o planeta, além disso também é responsável pelo consumo de um terço dos recursos naturais. O cimento é o segundo material mais consumido no mundo, ficando à frente do consumo de alimentos e perdendo apenas para o consumo de água. Em 2009, segundo o Sindicato Nacional das Indústrias de Concreto (SINC), no Brasil foram consumidos 69.323.633 toneladas de concreto, ou seja, 353 quilos por habitante. Fato que torna a construção o meio mais poluente do planeta.

Segundo o professor Agopyan (s/d), da Poli-USP, um dos problemas da construção civil é a impossibilidade de frear a construção de casas, prédios, hospitais, infraestrutura e por isso, um dos meios que minimizam esses danos causados é reduzir o desperdício de materiais.

“O Brasil, por exemplo, tem muito desperdício. A indústria da construção civil no país gasta muito mais do que Estados Unidos e Europa.” (José Koz, 2012).

O conceito definido pela *United Nations Environment Programme* (UNEP) à respeito de uma produção mais limpa diz que a “produção mais limpa é a aplicação continuada de uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos para o homem e para o meio ambiente.” (UNEP, 2002)

Já o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) define a construção sustentável como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002, p.8).

Com toda essa preocupação com os danos causados ao meio ambiente o setor da construção civil, desenvolve tecnologias e técnicas construtivas para tentar minimizar os impactos causados pelas construções. Atualmente para a construção civil se enquadrar no conceito de construção sustentável ela tem que destacar três características importantes quanto ao seu desempenho durante uma vida útil, dentre eles estão enquadrados a gestão da água, da energia e dos materiais utilizados durante a obra.

Abrangendo o consumo consciente de matéria prima, o reaproveitamento de resíduos e o pouco desperdício, o conceito de sustentabilidade na construção civil traz uma série de vantagens tanto a comunidade, quanto aos empreendedores, quando o conceito é bem observado. Mais do que dar atenção especial aos aspectos sociais e ambientais que envolvem a obra, ser sustentável é também garantir a viabilidade econômica, ou seja, fazer com que os materiais que seriam descartados sejam reutilizados, definir alternativas para a exploração dos recursos naturais e encontrar novas formas de geração de energia. Essas são atitudes que diminuem os impactos da construção no ambiente e favorecem a sustentabilidade.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – AsBEA (2011), o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS (2007) e outras instituições apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais destaca-se:

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;
- não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;

- qualidade ambiental interna e externa;
- gestão sustentável da implantação da obra;
- adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- uso de matérias-primas que contribuam com a eco-eficiência do processo;
- redução do consumo energético;
- redução do consumo de água;
- reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

Em vigor desde 2013, a NBR nº 15575-1 – requisitos gerais (ABNT, 2013), conhecida como norma de desempenho, tem como assunto principal o controle dos indicadores de desempenho de edificações habitacionais. Ela é bastante inovadora, pois iniciou uma nova perspectiva no campo da construção: foi a primeira vez que uma norma técnica relacionou a qualidade da obra aos seus impactos diretos na vida do consumidor. A norma relaciona que o bom desempenho de uma edificação habitacional possa ser avaliado de acordo com sua capacidade de atender às necessidades humanas. Assim, inclui várias áreas, como estabilidade estrutural, desempenho térmico, luminoso e acústico, resistência contra fogo e ainda, os sistemas hidrossanitários. Ela inclui também questões de sustentabilidade e controle do impacto ambiental das obras.

A NBR nº 15575-1 exige um controle adequado de resíduos, para que não possam danificar o solo e conseqüentemente afetar o lençol freático, isso é, o sistema de esgoto da edificação deve ser ligado em uma rede pública ou a um sistema de tratamento e disposição de efluentes. Outro tópico que a norma ressalta é o uso consciente de materiais, verificando de que a precedência dos recursos que serão utilizados na obra esteja de acordo com as normas ambientais. Além disso, recomenda-se adotar sistemas para poder reutilizar a água, de modo a economizar os descartes das instalações hidrossanitárias para reaproveitar em lugares cuja função seja necessário o uso de água não potável. (ABNT, 2013)

Esse reaproveitamento de águas já é muito utilizado em construções no Brasil, principalmente as que possuem telhados verdes, onde é possível armazenar a água captada da chuva e reaproveitar como águas cinzas, ou seja, que podem ser utilizadas para áreas externas do imóvel.

3 TELHADO VERDE

3.1 ORIGEM

Telhado verde, cobertura verde ou biocobertura é um sistema construtivo que consiste na implementação de uma área verde sobre lajes e telhados. Dependendo das condições climáticas da região essa área verde pode ser com plantas ou hortaliças (BENETTI, 2013).

Em uma época onde o mundo discute sobre sustentabilidade, a aplicação desse tipo de cobertura vem ganhando força como uma solução para tentar integrar e diminuir os impactos da construção no ambiente e como uma tentativa de controle do efeito estufa e diminuição das ilhas de calor. (BENETTI, 2013)

Diferente do que se pensa o telhado verde não é uma técnica construtiva nova, seus primeiros indícios de utilização são do ano 600 a.C., antiga Mesopotâmia, atualmente o Iraque, naquela época era conhecido como “jardim suspenso da Babilônia”, como mostrado na Figura 1. Historicamente, o rei Nabucodonosor realizou esse tipo de construção para alegrar sua esposa que tinha saudade de árvores da Pérsia. Naquela época as construções que possuíam esse tipo de jardim eram conhecidas como Zigurates, sendo o mais famoso o de Etemenanki, na Babilônia, ele possuía 91 metros de altura e uma base de 91x91 metros. (BUENO, 2010; QUINTELLA, 2012)

Figura 1 - Jardins Suspenso de Etemenanki, na Babilônia



Fonte: QUINTELLA, 2012

O próximo registro que se tem sobre essa prática se passa no Império Romano, onde árvores eram cultivadas no cobertura dos edifícios, no período renascentista que ocorreu na Itália entre os séculos XIV e XVI, em 1521 no México no período pré-colombiano e em algumas cidades da Espanha e da França no século XVIII. (ARAÚJO, 2007)

Durante a década de 30 os telhados verdes voltam a ser discutidos como uma forma de recuperar as áreas verdes que as construções estavam destruindo. Porém só na década de 60 com a real preocupação com destruição que a construção estava realizando no ambiente, o telhado verde entra de vez na pauta de construções sustentáveis ficando conhecida no Norte da Europa como uma “solução verde”. (QUINTELLA, 2012)

Ao longo dos anos vem surgindo novas pesquisas sobre os mais diversos componentes da cobertura verde, como membranas impermeabilizantes, drenagem, tipo de vegetação, inibidores de raízes, dentre outros. A partir da década de 80, começa a aparecer na Alemanha, o desenvolvimento do telhado verde, sendo esse estimulado por leis municipais, estaduais e federais, que subsidiavam de 30 a 40 marcos alemães por metro quadrado de cobertura construída, com uma média de 15% a 20% ao ano. Com o passar dos anos, surgiram novas pesquisas sobre diferentes componentes da cobertura com vegetação, como membranas impermeabilizantes, drenagem, espécies de plantas e até agentes inibidores de raízes. (QUINTELLA, 2012)

Segundo Quintella (2012):

Durante os anos 90, após o termo “telhado verde” já em circulação entre os Norte Americanos, apresentou-se uma grande dificuldade de implementação: “Durante os anos 90, muitos fabricantes europeus de telhado verde começaram a se aventurar em larga escala para os mercados Norte Americanos. No entanto, os sistemas eram difíceis de vender, pois o público não dispunha de informações sobre a performance técnica do sistema, nem acesso a exemplos, especialmente em um ambiente cultural e político em que muitos indivíduos não tinha interesse em investir em tecnologias verdes”.

3.2 APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE PELO MUNDO E NO BRASIL

O telhado verde no Brasil ainda é visto como uma novidade, porém nos Estados Unidos a população já está começando a se familiarizar com essa tecnologia e já na Europa ela possui uma longa história. (QUINTELLA, 2012)

Toronto no Canadá, foi a primeira cidade no mundo a tornar obrigatório a implementação dos telhados verdes, essa lei resultou em 1,2 milhão de metros quadrados verdes em diferentes tipos de construção, e como consequência resultou em uma economia de mais de 1,5 milhão de kWh por ano. Copenhague seguiu o mesmo caminho e se tornou a

segunda cidade a adotar uma lei similar relacionada aos telhados verdes Copenhague por ser uma cidade mundialmente conhecida como referência em mobilidade urbana, principalmente pelo elevado índice de utilização de bicicletas. Após a implementação dessa lei a cidade tem como meta cobrir os terraços da cidade como o objetivo de ser carbono zero até o ano de 2025. (FEIJÓ, 2011)

No quesito sustentabilidade o parlamento da França em março de 2015, aprovou uma lei que obriga os prédios comerciais a terem cobertura verdes ou placas solares. Essa medida surgiu como uma forma de reduzir a dependência das usinas nucleares que suprem cerca de 75% da demanda do país, segundo o *World Nuclear Association* (2015).

Em cidades da Suíça os telhados verdes são obrigatórios em todos os edifícios novos. Na cidade do México quem adotar essa tecnologia tem 10% de desconto no imposto. A Alemanha que é líder no setor de coberturas verdes (Figura 2), registra um crescimento de 10% ao ano e estima-se que 12% de todos os edifícios do país já possuam cobertura verde (Curta Mais, 2016)

Figura 2 - Telhados verdes em Düsseldorf



Fonte: OSSINGER, s/d

A América Latina tem cada vez despertado o interesse pela adoção das coberturas verdes que já é muito perceptível em países como o México. No Brasil, o seu início está relacionado à figura do paisagista Roberto Burle Marx, que utilizou o conceito desenvolvido pelo arquiteto e urbanista francês Le Corbusier no seguinte momento: sobre a sala de exposições do Ministério da Educação e Saúde, atual Palácio Gustavo Capanema (Figura 3). (VILELA, 2005)

Figura 3 - Terraço-Jardim Roberto Burle Marx no Ministério da Educação e Saúde



Fonte : PHILIPPOU, 2011

Apesar de no Brasil o interesse pela inovação construtiva ser ainda relativamente pequeno, como afirma Ferreira (2010), é possível notar que a busca por estudo sobre o tema já é bastante analisado. Pode se destacar também que já existe empresas que utilizam dessas técnicas modernas e adaptadas ao Brasil. Em Porto Alegre-RS por exemplo, desde 2007 toda nova construção deve possuir pelo menos 20% de sua área coberta por vegetação. No Recife - PE, foi sancionada a Lei Municipal 18.112/2015 onde obriga os novos edifícios residenciais, com mais de 4 pavimentos e uma área coberta superior à 400m² a implantarem a cobertura verde.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DO TELHADO VERDE

Segundo a *International Green Roof Association* (IGRA) (2013), existem três tipos de coberturas verdes: extensiva, semi-intensiva e intensiva. As principais diferenças entre elas vão desde aspectos como o custo, a profundidade do substrato necessário, os tipos de plantas até a necessidade e a utilidade desejadas. Nos próximos capítulos, será analisado somente o tipo extensivo e intensivo, pois o semi-intensivo é apenas uma ligação entre os outros dois tipos.

De acordo com Kibert *apud* Baldessar (2012), os sistemas extensivos (Figura 4) são definidos por possuir baixa manutenção, são tolerantes à seca e possuem características de auto-semeadura, ou seja, exigem pouca ou nenhuma irrigação, adubação e manutenção. Os tipos de plantas adequadas para este sistema são as nativas, principalmente em locais com condições de seca. Além disso, estes sistemas possuem flexibilidade em relação à inclinação da cobertura, apresenta um baixo peso estrutural, pode ser implementado em edificações

existentes e possui um custo relativamente baixo, porém não permite acessos aos espaços de contemplação e recreação e possui uma escolha limitada de espécies vegetais (JOHNSTON; NEWTON, 2004).

As empresas especializadas na instalação e manutenção dos telhados verdes concordam que o solo extensivo tem de 5 a 15 cm de espessura e a vegetação de 5 a 13 cm, e a carga estrutural necessária varia de 80 kg.m² a 150 kg.m² (SILVA, 2011).

Figura 4 – Sistema Extensivo - Telhado do Carrefour em Viena, Áustria.



Fonte: BRÁULIO, 2006

Já os sistemas intensivos (Figura 5) são definidos por alta manutenção, pois é possível a criação de jardins com terraços e espelhos d'água, além de incluir gramados e vegetações de médio e grande porte, como arbustos e árvores segundo Kibert (2008 *apud* BALDESSAR, 2012). Conforme a IGRA (2013), precisam de uma estrutura que comportem maior capacidade de carga, pois precisam de uma camada de solo que varia entre 15 a 40 cm e a carga prevista varia entre 180 kg.m² a 500 kg.m².

Figura 5 – Sistema Intensivo - Edifício Matarazzo, atual sede da Prefeitura de São Paulo

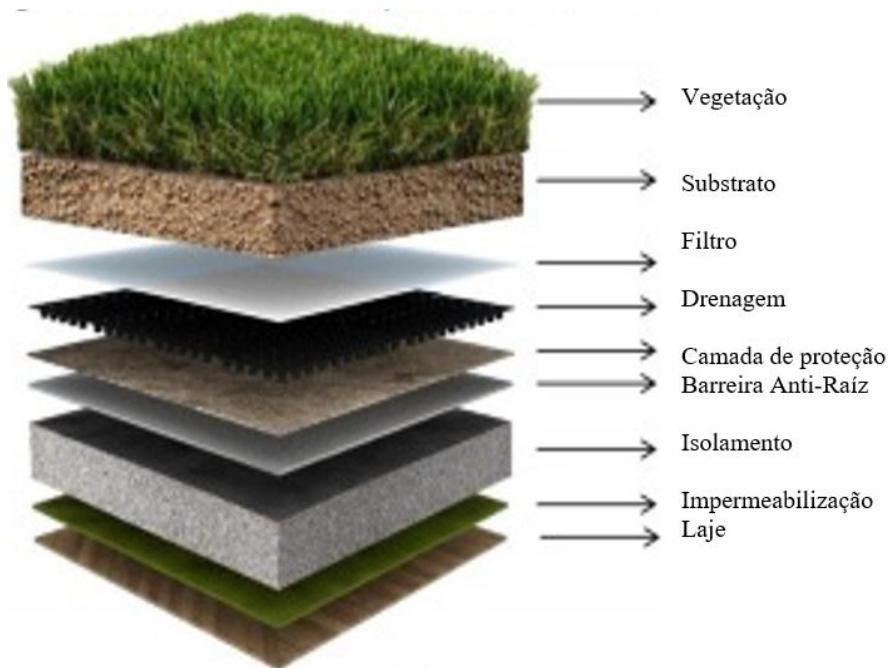


Fonte: PINHO, 2015

3.4 COMPONENTES PARA CONSTRUÇÃO DO TELHADO VERDE

Laroche *et al.* (2004) diz que a execução de uma cobertura verde é feita através da instalação de diversas membranas de impermeabilização e de isolamento, que permitem que na estrutura de cobertura seja instalada uma camada de substrato, variando a profundidade, e através do crescimento que o substrato influencia, possa florescer vegetais, como gramas e outros tipos de vegetações. Os componentes que são utilizados em coberturas verdes nos tipos intensivos e extensivos são normalmente os mesmos, o que diferencia é apenas alguns aspectos como a profundidade do substrato a ser colocada na cobertura, os tipos de vegetações utilizadas variando de acordo com cada região e a necessidade de elementos de manutenção como irrigadores. A seguir serão relatados os passo a passo de cada camada na ordem em que aparecem em um telhado de baixo para cima. (Figura 6)

Figura 6 - Camadas necessárias para construção do telhado verde



Fonte: BUILD UP, 2017

3.4.1 Tipos de estrutura para a instalação do telhado

Para a construção do telhado verde, é necessário ter uma estrutura que atenda os esforços de cargas que serão aplicadas sobre ela, então deve ser feito todo um cálculo para o dimensionamento da laje, e o tipo de acabamento pode ser de vários materiais, entre eles: laje

de concreto, chapas de compensado estruturado, placas cimentícias, telhas metálicas, estrutura de madeira e bambu, estrutura do telhado já existente, *Steel Deck* (como representado na Figura 7, que é um tipo de estrutura metálica em composição em camada de concreto), e outros materiais que tenham resistência compatível ao sistema do telhado verde saturado. (SAVI, 2012)

Figura 7 - *Steel Deck*



Fonte: OLIVEIRA, 2018

3.4.2 Camada de impermeabilização com lâmina anti-raiz para coberturas verdes

A camada de impermeabilização tem por função proteger a camada de suporte contra toda e qualquer umidade proveniente do meio externo, passando pelo sistema, garantindo a estanqueidade do mesmo. Esta camada é extremamente importante e demanda estudos profundos quanto ao tipo a ser utilizado para impermeabilizar a base de suporte onde o sistema de naturezação deve ser aplicado. É importante lembrar que a impermeabilização deverá subir pela borda do telhado e deverá ser protegida por um sistema de rufo, que garante uma maior vida útil ao telhado. Como característica física, a membrana deve possuir alta resistência a perfuração, para evitar o transpasse de possíveis raízes que, por sua vez, tenham penetrado o geotextil, pelo efeito de empuxo. A membrana deve possuir também o componente anti-raiz como uma característica química. (ROLA, 2008).

A impermeabilização deve ser realizada de acordo com as exigências e recomendações das normas vigentes da ABNT NBR 9574:2008 (Execução de impermeabilização) e da ABNT NBR 9575:2010 (Impermeabilização - Seleção e projeto). No mercado, existe vários tipos de impermeabilizantes para este tipo de função, como por

exemplo a manta asfáltica (Figura 8) que também é um ótimo isolante térmico, mas a recomendada é a membrana de PVC.

Figura 8 - Aplicação de manta asfáltica



Fonte: PEREIRA, 2018

Segundo a EcoTelhado (2010), empresa brasileira que desenvolve e fornece produtos e serviços sustentáveis desde 2005 para várias regiões do Brasil, a membrana de PVC (Figura 9) é uma boa opção para a proteção de lajes com cobertura verde, pois tem grande maleabilidade, ótima resistência mecânica, impermeabilidade segura (garantida pela soldagem por termofusão) e alta resistência à punção. Além disso, oferece excelente proteção anti-raízes, por ser uma membrana inorgânica, muito superior às tradicionais mantas asfálticas, mas o custo dela em relação a manta asfáltica é mais elevado.

Figura 9 - Aplicação da membrana de PVC



Fonte: ABCIMPER, s/d

3.4.3 Isolamentos

Todas as diversas camadas presentes no telhado verde, possuem a capacidade de absorver os ruídos causados por impacto, como os da chuva e ainda os ruídos ambientes, como

a circulação, ruídos provenientes da cidade e do tráfego aéreo. Segundo o *Guide Pratique pour la Construction et la Renovation Durables de Petitis Bâtiments (2016)*, existe a Lei da Massa, na qual afirma que ao dobrar o peso de um telhado verde, no qual possua pelo menos 30 quilos por metro quadrado, é possível obter um ganho acústico de 6 dB (o decibel é uma unidade logarítmica que indica a proporção de uma quantidade física em relação a um nível de referência especificado ou implícito).

O principal responsável pela absorção desses ruídos é o substrato, pois ele bloqueia as baixas frequências e a vegetação bloqueia as altas. De acordo com o Guia de Concepção de Peck e Kuhn (1999) um substrato de 12 centímetros tem a capacidade de amenizar ruídos de até 40 dB.

3.4.4 Barreira Anti-Raíz

A membrana anti-raíz (Figura 10) é necessária para garantir a proteção da estrutura, ou seja, tem uma função de impedir que as raízes penetrem nas camadas inferiores a ela e prejudiquem a impermeabilização da estrutura. Essa membrana é composta de um tipo de lona feita com polietileno de alta densidade, pois auxilia também na proteção contra danos mecânicos. (SAVI, 2012)

Segundo Minke (2004), quando a base da membrana de proteção para as raízes é desuniforme ou rugosa, deve adicionar uma camada de areia abaixo dessa membrana protetora com a função de uniformizar e evitar que tenha rasgos na manta. Essa manta é instalada abaixo da camada de drenagem, alguns fornecedores recomendam a colocação de uma manta de retenção de nutrientes sobre a camada de drenagem para alimentar as plantas.

Figura 10 - Membrana Anti-Raíz



Fonte: ECODHOME, 2014

3.4.5 Camada de proteção

Conforme Heneine (2008) essa é a camada que irá promover a proteção à qualquer tipo de perfuração que pode ocorrer sobre a estrutura do telhado e ela também protege contra danos mecânicos, tanto das raízes, quanto da cobertura.

3.4.6 Sistema de drenagem

Localizada entre a camada de proteção e o filtro, é a camada pelo qual o fluxo excedente de água que não foi absorvido pela vegetação presente no telhado é direcionado para o sistema de drenagem da construção. O sistema de drenagem do telhado verde é a parte essencial para se obter total eficiência desse sistema. (SADDI; MOURA, 2010)

A camada de drenagem pode apresentar funções adicionais, como armazenamento de água para quando houver períodos de estiagem de chuva, aumento do espaço das raízes e melhorar o espaço para a aeração de todo o sistema. Além disso pode-se acrescentar, como mais uma função dessa camada a possibilidade de armazenamento temporário para o controle de cheias. (NETO, 2016)

A escolha do tipo do sistema drenante se dá por três condições, sendo elas, a inclinação da cobertura, a resistência da estrutura e da espessura e natureza do substrato. (SADDI, MOURA, 2010)

De acordo com o guia Belga para execução *Guide Pratique pour la Construction et la Renovation Durables de Petits Bâtiments* (2016), as camadas drenantes devem ser efetuadas, obrigatoriamente, em coberturas que possuam ao menos 5° de inclinação e atender algumas exigências, como: captar e evacuar de forma rápida as águas excedentes, onde sua acumulação possa prejudicar tanto a estrutura da construção quanto as raízes e serem leves, no entanto, possuir uma resistência suficiente a compressão.

Segundo Moura e Saddi (2010), existem diferentes tipos de sistemas de drenagem que são possíveis sua adaptação em cada tipo de cobertura:

- Sistemas mais simples, utilizando argila expandida de grande diâmetro, cacos de telha e cascalho;
- Camada constituída por materiais reciclados;
- Camada drenante tridimensionalmente;
- Placas de poliestireno alveolar.

3.4.6.1 Camada de drenagem para cobertura extensiva

Nesse tipo de sistema, a camada de drenagem pode ser constituída, de um aglomerado de materiais como o cascalho, módulos pré fabricados, podendo ou não ser preenchidos com agregados, com um conjunto de filamentos sintéticos termosoldados, entre outros, na Figura 11 possui uma representação da instalação de uma membrana alveolar de polietileno, (SADDI, MOURA, 2010)

Figura 11 - Membrana alveolar de Polietileno Tereftalado modificado com Glicol



Fonte: SILVA, 2010

3.4.6.2 Camada de drenagem para cobertura intensiva

Segundo Moura e Saddi (2010), essa camada deve ser o mais leve possível, podendo ser constituída de :

- Materiais drenantes: seixos rolados, placas de grelhas, poliestireno extrudado, placas de bolhas de poliestireno, entre outros;
- Materiais drenantes como capacidade de armazenamento por meio da umidade, como argila expandida (pois são leves e com alta capacidade drenante) como mostra na Figura 12 , ardózia expandida ou pozolânica.

Figura 12- Sistema de drenagem utilizando argila expandida



Fonte: ECODHOME, 2014

3.4.7 Filtro

Localizada entre o substrato e a camada drenante, tem função de evitar a colmatção de partículas orgânicas, se acrescenta um filtro geotêxtil ou um não tecido reciclado, que irá reter as finas partículas do solo e permitir a passagem da água até a camada drenante. Uma parte dessa água que atravessa esse filtro é absorvida pelo mesmo que torna o ambiente úmido para as raízes. Por sua vez o não tecido reduz a eficácia do sistema, pois ela oferece uma resistências as raízes que nela está inserida. Normalmente essa camada ainda é recoberta com uma manta tratada com algum tipo de produto anti-raíz, como mostrada na Figura 13. (Saddi; Moura, 2010)

Outra função dessa camada filtrante é evitar a passagem de partículas que se soltam do substrato para a camada drenante, evitando assim que ocorram obstruções na camada de drenagem. (NETO, 2016)

Figura 13 - Manta Geotêxtil



Fonte: ECODHOME, 2014

3.4.7.1 Camada de filtração para coberturas extensivas

A camada de filtração em coberturas verdes extensivas, normalmente é constituída de um material geotêxtil (camada não tecido de poliéster, ou uma toalha de fibras polipropileno) ou por uma camada a base de fibras de vidro associadas a uma resina sintética. (SADDI, MOURA, 2010)

3.4.7.2 Camada de filtração para coberturas intensivas

A camada filtrante em coberturas verdes intensivas, deve garantir que tenha uma resistência suficiente aos esforços das cargas localizadas na estrutura, principalmente das raízes maiores das plantas, como arbustos e algumas árvores, utilizadas nos telhados verdes. (SADDI, MOURA, 2010)

Segundo o *Guide Pratique pour la Construction et la Renovation Durables de Petits Bâtiments* (2016), esta camada pode ser composta de geotêxtil igual da camada extensiva, de agro-musgo – que pode ser fornecido na forma de blocos ou produzido no local e possuem a predisposição de reter uma parte da umidade.

3.4.8 Substrato

O termo substrato muitas vezes é confundido com um solo comum, porém ele não é só um solo, o substrato é uma mistura de matéria orgânica e inorgânica, que possui a capacidade de manter o nível de nutrientes, umidade e oxigênio durante um certo período de tempo. (ROLA, 2008)

O substrato deve seguir algumas exigências, como ser leve, facilitar a fixação da vegetação, além de fornecer os nutrientes necessários a mesma, deve possuir ainda uma estrutura aerada, além de ser permeável deve difundir a umidade e possuir resistência às variações de temperatura. (SADDI, MOURA, 2010)

Normalmente essa camada é composta por uma mistura de minerais granulosos com uma pequena proporção de finos.(figura 14). A espessura da camada varia dependendo do tipo de vegetação que será utilizado. (SADDI, MOURA, 2010)

Figura 14 - Aplicação do Substrato



Fonte: ECODHOME, 2014

3.4.9 Vegetação

Essa camada tem como função absorver as águas provenientes da chuva, para uma posterior evaporação, o que por sua vez facilita a retenção de água pelo solo (Santos *et al*, 2017).

Um dos fatores que se devem levar em consideração durante o projeto de implementação da cobertura verde é a escolha do tipo de vegetação, pois determinados tipos de plantas só conseguem sobreviver em determinados climas, regiões quentes ou frias, podendo ou não ter precipitações (FERREIRA; Costa, 2010).

Para se definir o tipo de vegetação a ser utilizada na estrutura do telhado, deve se levar em consideração alguns fatores, entre eles: a finalidade e o tipo do telhado; a espessura disponíveis nas demais camadas que compõe o sistema; as condições do local onde o telhado será instalado, como exposição ao sol e o frio, se ele está em uma área rural ou urbana; as possibilidades de manutenção e aos custos de realização e gestão. (SADDI, MOURA, 2010)

3.4.9.1 Características da vegetação para coberturas verdes extensivas

Quando se trata de coberturas extensivas as plantas devem atender algumas condições, como não necessitar de manutenção e que possuam uma vida útil quase que ilimitada, pois elas serão germinadas sobre uma camada de substrato pouco espessa. Por serem expostas as condições climáticas mais extremas essas plantas devem ser rústicas, com alta resistência ao frio, calor e a seca. (SADDI, MOURA, 2010)

Segundo recomendações da IGRA deve se utilizar vegetações tolerantes à seca, como, as que desenvolvem em regiões montanhosas, costas, semi-desertos, para se criar uma

cultura interessante para os coberturas verdes extensivas, recomenda-se a mistura com plantas como fungos, ervas e até mesmo grama. (SADDI, MOURA, 2010)

Segundo Heneine (2008) as plantas do gênero *sedum* da família das crassuláceas, possuem o metabolismo que permitem o seu desenvolvimento em solos rasos, o que as tornam muito utilizadas em telhados verdes.

Existem diversas formas para se realizar a instalação dessas plantas, seja por sementeira, por plantação direta, ou seja, por meio de mudas, ou até mesmo por tapetes pré cultivados. A instalação feita por meio da sementeira não é a mais conveniente, pois pode acarretar algum tipo de problema na execução, como a dispersão por meio do vento e da chuva, pode ocorrer uma distribuição de forma não homogênea e ainda podendo ser necessário regar durante um certo tempo após a sementeira. (SADDI, MOURA, 2010)

A instalação por meio da plantação direta, ou seja, por meio de mudas, comparado a sementeira possui um valor mais elevado, porém apresenta melhores resultados quando assemelhado com a sementeira, principalmente em pequenas coberturas. (SADDI, MOURA, 2010)

A utilização de tapetes pré-cultivados, provavelmente é a forma mais comum de fixação dessa vegetação, pois ele consiste em uma fina camada de substrato fixada em uma base flexível, sobre a qual diversas variedades de plantas já cultivadas podem ser inseridas, esse tipo de instalação além de ser a que possui mais valor, ela também possui uma limitação quanto ao tipo de vegetação que poderá ser utilizado. (SADDI, MOURA, 2010)

De acordo com o Ecotelhado (s/d) podem ser utilizados nesse sistema:

- Aspargo: possui o nome científico *Asparagus densiflorus sprengeri* (figura 15), nativa da África do Sul, perene, rizomatosa, de 0,40 a 1,50 metro de comprimento. (BRAGA, s/d)

Figura 15 - Aspargo



Fonte: ECOTELHADO, s/d

- Bulbine: possui o nome científico *Bulbine frutescens* (Figura 16), nativa da África do Sul, perene, acaule, raízes tuberosas, 20 – 30 centímetros de altura, folhas e flores ornamentais. (BRAGA, s/d)

Figura 16 - Bulbine



Fonte: ECOTELHADO, s/d

- Clorofito: possui o nome científico *Chlorophytum comosum* (Figura 17), nativa da África do Sul, perene, raízes tuberosas que armazenam água e reservas de nutrientes, 15 – 20 centímetros de altura, folhagem ornamental. (BRAGA, s/d)

Figura 17 - Clorofito



Fonte: ECOTELHADO, s/d

- Clúsia: possui o nome científico *Clusia fluminensis* (Figura 18), nativa do litoral do Rio de Janeiro e São Paulo, folhagem de até 6 metros, folha rígida, brilhante em forma de gota. (BRAGA, s/d)

Figura 18 - Clúsia



Fonte: ECOTELHADO, s/d

- Grama Esmeralda: possui nome científico *Zoysia Japonica* (Figura 19), nativa do Japão, herbácea muito resistente, crescimento entre 10 e 15 cm de altura, suas folhas são em formato de lança, pequenas, estreitas, macias e pontiagudas. (SANTOS, 2019)

Figura 19 - Grama Amendoim



Fonte: ECOTELHADO, s/d

3.4.9.2 Características da vegetação para coberturas verdes intensivas

O tipo de vegetação utilizada nesse tipo de sistema pode conter camadas de diferentes espécies, como herbácea (plantas perenes), arbustos e arborescente (árvores de médio e grande porte). A IGRA (2013) mostra a possibilidade de serem inseridos passagens, bancos e campo de jogos como uma característica adicional desse telhado.

Como esse sistema abriga vegetação de grande porte e vegetais lenhosos, recomenda-se que essas plantas sejam ancoradas, no substrato ou até mesmo na estrutura da construção, pois elas podem ser submetidas a rajadas de ventos violentas. (Saddi; Moura, 2010)

De acordo com Moura e Saddi (2010) esse tipo de vegetação é mais utilizada em países como Canadá, Bélgica e Estados Unidos, pois são os locais no qual mais se tem o uso desse sistema de telhado e dentre diversos tipos de vegetação podemos citar:

- Hera Inglesa: possui nome científico *Hedera Helix* (Figura 20), é uma trepadeira sarmentosa, nativa das Ilhas Canárias, perene, semi lenhosa, de até 20 metros de altura em superfície adequada.

Figura 20 - Hera Inglesa



Fonte: BRAGA, s/d

- Vinca Pendente: possui nome científico: *Vinca major* (Figura 21), nativa do Mediterrâneo, possui ramos longos e finos, folhas ovaladas coriáceas opostas e brilhantes.

Figura 21 - Vinca Pendente



Fonte: BRAGA, s/d

3.5 MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO DO TELHADO VERDE

Segundo Souza (2009), os métodos utilizados para se construir coberturas verdes pode ser dividido três tipos: sistema modular, sistema alveolar e sistema laminar. Eles estão ligados ao gerenciamento de água para adaptar o telhado verde de acordo com o tipo de revestimento presente, incluindo os diferentes tipos de plantas e sistemas hidrológicos.

3.5.1 Sistema Modular

O sistema modular é o mais aplicado, pois garante conforto térmico e tem uma rápida instalação, segundo a Ecotelhado (2010). Ela consiste em módulos pré-vegetados, colocados uma ao lado do outro e sobre a membrana anti-raízes. Pode ser instalados em lajes e telhados já existentes, lajes de concreto impermeabilizadas, telhados de fibrocimento, metálicos e estrados de madeira, inclinados ou não, e o peso desse sistema varia em torno de 50 kg/m² quando saturado. (RIGHI, 2016)

Segundo Saddi e Moura (2010) o processo de instalação do sistema modular consiste em três etapas (Figura 22):

- Primeiramente os módulos são inseridos sobre a camada anti-raíz composta de polietileno de alta densidade, com a função de impedir o crescimento das raízes e comprometer a camada de impermeabilização da estrutura.
- Após a primeira etapa, logo acima é instalada a membrana de retenção de nutrientes compostas por um não-tecido reciclado, que retêm a umidade e os nutrientes essenciais para o crescimento da vegetação.
- Logo após são instalados os módulos de substrato rígido, que possui a finalidade sustentar e preservar os substrato e nível das plantas e também funciona como uma camada de drenagem, que permite o desempenho desta propriedade e ao mesmo tempo evita que as raízes sejam amassadas, proporcionando a oxigenação delas.

Figura 22 - Sistema modular



Fonte: Cidade Jardins, s/d

Geralmente os módulos possuem formas retangulares com 70 centímetros de comprimento e 35 centímetros de largura e 7 centímetros de espessura (Figura 23), eles são compostos por Acetato Etil Vinila (EVA), reciclado múdo e aglomerado com cimento *Portland* CP-IV com adição de cinzas. É preciso lembrar que conforme o tipo de cobertura que será instalada na estrutura, junto com a inclinação, é indispensável instalar alguns acessórios de apoio, como espelho de madeira laterais, para poder impedir que os módulos rígidos escorreguem e fixar as mantas. (Saddi; Moura, 2010)

Figura 23 - Módulo modular



Fonte: GREEN ROOF, s/d

3.5.2 Sistema Alveolar

O sistema alveolar é composto por uma membrana alveolar *Spéctar Copoliéster Reciclado* (PETG) representada na Figura 24, que é a principal diferença, quando se comparada ao sistema modular. Essa membrana é flexível e é composta por vários reservatórios de formato hexagonal, pois esse sistema permite fazer uma reserva de água para a vegetação. (SADDI, MOURA, 2010)

Figura 24 - Placa PETG



Fonte: ECOTELHADO, s/d

A membrana pode ser encontrada em placas com as seguintes dimensões 121 x 95 cm com uma espessura de 200 micras (unidade de medida que corresponde à milionésima parte do metro) e os seus reservatórios possuem uma capacidade de retenção de 10 litros por metro quadrado. Por causa de capacidade de retenção de água é possível utilizar uma

variedade maior de plantas, inclusive as que não são recomendadas para os sistema modular como as gramíneas (SADDI, MOURA, 2010).

Além da membrana alveolar que é instalada, o sistema também possui um módulo, o qual tem por função evitar a erosão e a compactação do solo e também promover a aeração do substrato (SILVA, 2011 *apud* GATTO, 2012).

As demais camadas possuem as mesmas características que as do sistema modular e são instaladas de baixo para cima como já foi falado, incluindo a placa PETG, que fica localizada entre a membrana anti-raíz e a membrana de retenção de nutrientes. (SADDI, MOURA, 2010).

Segundo Gomes *et al* (2011), o sistema alveolar é dividido em três tipos:

- Alveolar simples: esse sistema é simples e prático, possui um excelente custo benefício, apresenta uma reserva considerável de água e se adapta com diversas variedades de plantas;
- Alveolar grelhado: esse sistema já permite uma maior variedade de plantas, principalmente gramas, onde seu peso é de 40 a 80 quilos por metro quadrado;
- Modular: esse sistema possui uma drenagem perfeita, isso ocorre devido ao seu módulo com um peso de 60 a 80 quilos por metro quadrado, por causa dessa drenagem eficiente ele permite a instalação de uma variedade de plantas que necessitam de irrigação.

3.5.3 Sistema Laminar

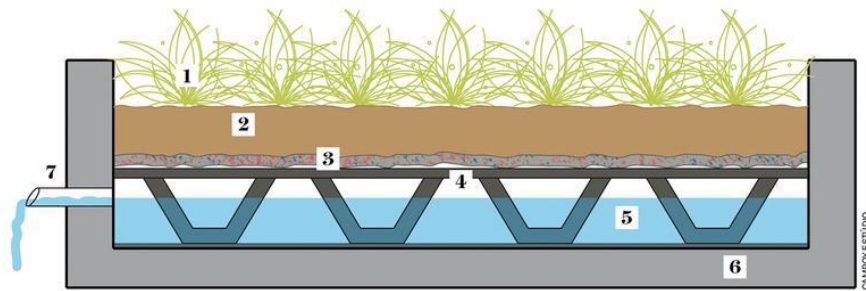
O sistema laminar é um sistema que usado exclusivamente em telhados planos, pois ele consiste na utilização de uma lâmina de água sob um piso elevado, constituído de módulos de sustentação com base em materiais porosos. (SADDI, MOURA, 2010)

Essa lâmina fornece suprimentos de até 40 litros por metro quadrado e por causa disso o peso do sistema saturado chega a ser de até 120 quilos por metro quadrado, porém pode ser superior a isso dependendo do tipo de vegetação que se irá utilizar. (Saddi; Moura, 2010)

De acordo com Bianchi (2017) o sistema laminar é constituído, como mostrado na figura 25, das seguintes camadas: 1 é a vegetação a ser instalada; 2 é o substrato leve e nutritivo; 3 é a membrana de absorção ou membrana anti-raíz; 4 é o modulo laminar, rígidos, porosos, feitos normalmente de EVA e aglomerados de cimento *Portlan* CP-IV; 5 é a lâmina

d'água, normalmente atinge no máximo 4 centímetros de altura; 6 é a impermeabilização feita na laje; 7 é o dreno instalado pra fazer a retirada da água quando ela chegar a certa altura, essa água que extravasa pode ser lançada em uma caixa de passagem e guiada até um reservatório onde poderá ser reutilizada futuramente.

Figura 25 - Sistema Laminar



Fonte: BIANCHI, 2017

Nesse sistema geralmente é muito utilizado vegetação do tipo gramíneas, pois ela possui uma alta resitência ao pisoteamento, entretanto se a área não for possuir nenhuma movimentação, pode-se utilizar, outras espécies, incluindo pequenos arbustos, desde que, seja observada as suas devidas cargas. (SADDI, MOURA, 2010)

4 ESTUDO DE CASO

4.1 APRESENTAÇÃO

A empresa escolhida para o estudo e a elaboração do orçamento de materiais e mão de obra para a instalação do telhado verde foi a EcoTelhado.

A empresa Ecotelhado é uma empresa que possui sua sede na cidade de Porto Alegre no Estado do Rio Grande do Sul e possui também uma filial na cidade de São Paulo no Estado de São Paulo. Desde sua fundação desenvolve e fornece produtos e serviços criativos e sustentáveis, com o objetivo de diminuir os danos ambientais causados pelo crescimento populacional, pela falta de planejamento e poluição das grandes cidades. Entre os principais produtos, estão: telhados verdes, jardins verticais, pavimentos permeáveis, cisternas subterrâneas e tratamento biológico de efluentes (COSTA, 2018).

O produto que dá nome à empresa, Ecotelhado, já está presente em importantes construções no Brasil e no exterior, resultando em mais de 500.000 m² já instalados. O telhado verde da Ecotelhado funciona como um isolante térmico e absorve cerca de 30% da água da chuva, reduzindo a possibilidade de enchentes nas cidades. Também age como purificador do ar urbano e é o único telhado verde que pode ser utilizado para tratar o efluente produzido na edificação (COSTA, 2018).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A edificação no qual foi realizado o estudo de viabilidade para a instalação do telhado verde é uma residência que possui uma área construída de 83,28 m² e 68,15 m² de área permeável. Essa residência fica localizada na rua Sônia Gontijo no bairro Vivian Parque, Anápolis - GO.

O eng. civil Paulo Renato Giudice forneceu para o estudo e a elaboração do orçamento, um projeto de sua autoria contendo Planta baixa, Corte AA, Planta de locação e a Planta de cobertura. Com o auxílio desses projetos e do memorial descritivo, foi possível determinar os parâmetros iniciais para realizar o levantamento do orçamento com os custos de materiais e a mão de obra necessários do telhado verde.

A edificação foi projetada para ser construída com a infraestrutura com estacas de concreto e vigas baldrame, a superestrutura com pilares de concreto armado, vergas e contra

vergas em todos os vãos, viga de concreto armado no respaldo, laje treliçada preenchida com EPS e capa de concreto de 7 cm.

Para a sustentação do telhado verde sobre a laje, será instalado uma estrutura de madeira com tesouras feitas de peroba rosa, oriundas de manejo florestal, nas medidas de 14x10 cm, os pontaletes da mesma origem. Para substituir a telha de fibrocimento ou de concreto modelo tégula, será instalado chapas de compensado plastificado de 10 mm apoiado nos caibos de 7x7 cm e impermeabilizado com lona dupla face 150 micras. Para a drenagem do sistema e da água da chuva, foi instalado uma calha de chapa galvanizada de 2 mm e revestida com duas demãos de batida de pedra, uma resina acrílica responsável pela minimização de ruídos e prevenção contra a corrosão a longo prazo e condutores drenantes da mesma chapa galvanizada.

Por meio de análises (Quadro 1) e a verificação de dados do projeto, fez-se um levantamento dos materiais necessários de acordo com a empresa estudada e avaliou-se através dos custos e instalação a viabilidade do uso do telhado verde na cidade de Anápolis.

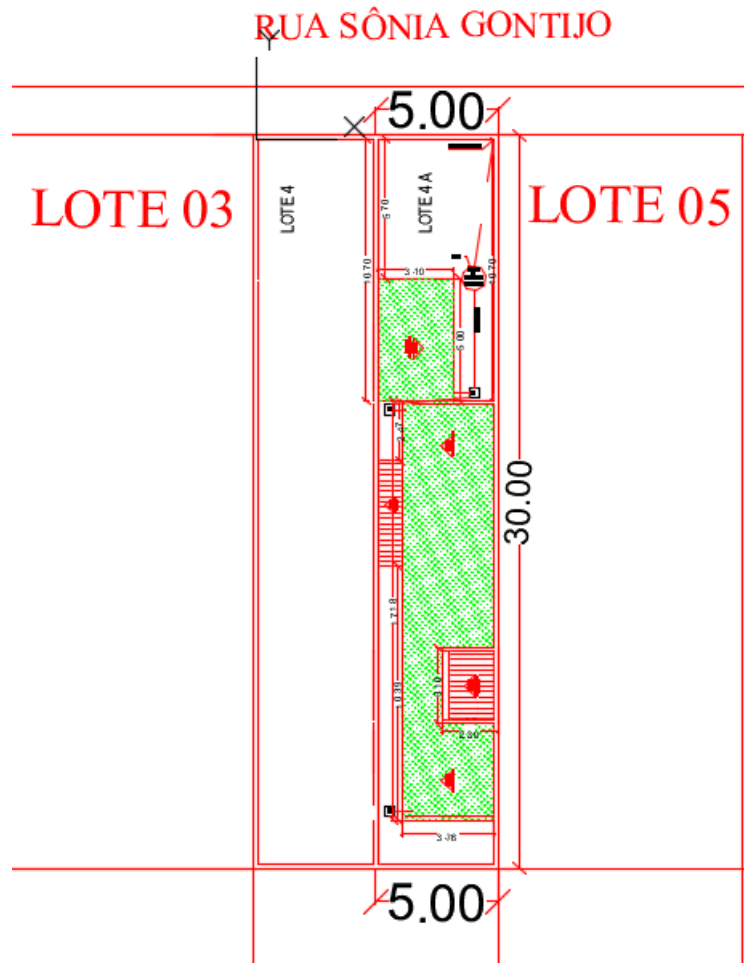
Quadro 1 – Análise inicial

Inclinação da cobertura impermeabilizada para a colocação do EcoTelhado	10%
Tipo de base para a colocação do Ecotelhado	Chapa compensada resinada
Nessa cobertura verde é autorizado a circulação de pessoas	Não
Tipo de vegetação	Gramíneas

Fonte: AUTORES, 2019

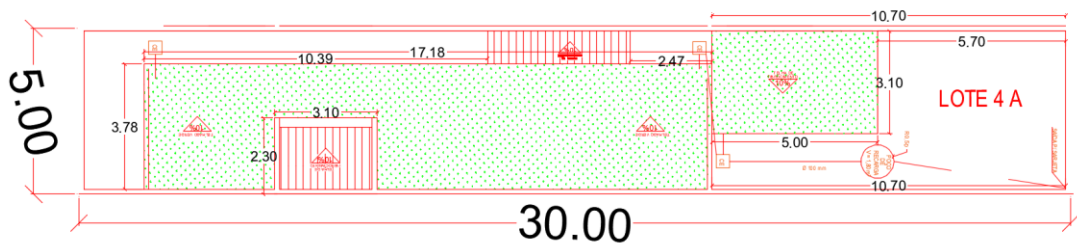
Com o auxílio do projeto da Planta de cobertura (Figura 26) e Planta de Locação, (Figura 27) é possível verificar que a área total onde o telhado verde será implantado e a inclinação do telhado. Na escolha da vegetação, optou-se pelo sistema extensivo utilizando gramíneas, por ser mais resistentes as mudanças de clima, principalmente na região onde será implementado o telhado, pela facilidade do manejo e pela baixa manutenção. Apesar do orçamento proposto não levar em conta os gastos com manutenção após instalação, a escolha da vegetação utilizada no telhado verde é essencial para oferecer um baixo custo futuro e menos preocupação em relação a manutenção.

Figura 26 - Planta de locação



Fonte: AUTORES, 2019

Figura 27 - Área do telhado verde



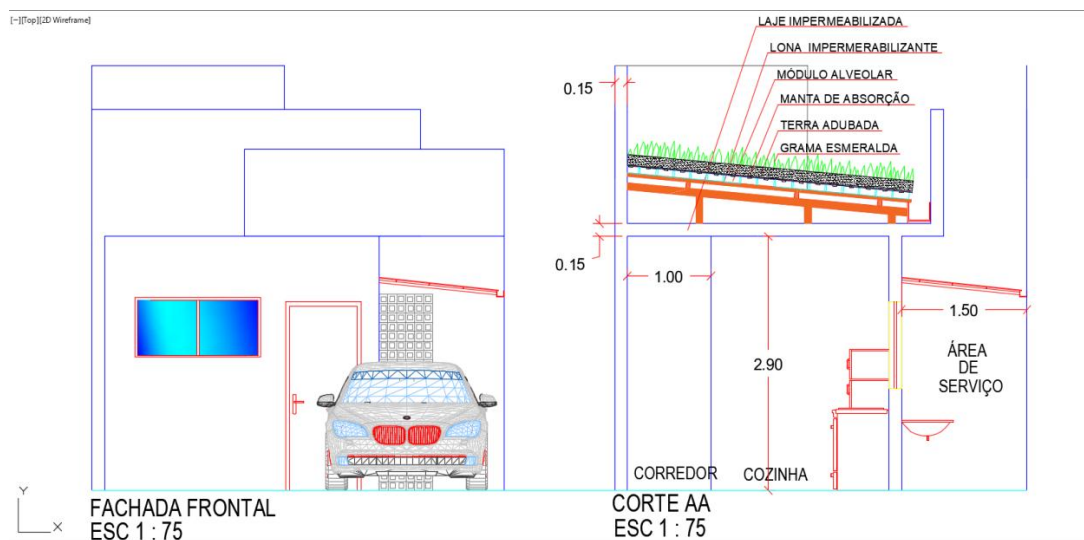
Fonte: AUTORES, 2019

O orçamento que será realizado no presente trabalho não leva em consideração os valores para a instalação da estrutura de madeira, da lona de impermeabilização e da calha, pois a empresa Ecotelhado oferece somente materiais que serão usados no sistema alveolar leve.

4.3 SISTEMA ADOTADO

Através de informações da revisão bibliográfica e do memorial descritivo, o sistema mais adequado para o estudo é o sistema Modular Alveolar Leve (Figura 28), pois ela é a melhor opção para coberturas inclinadas. A laje deve suportar um peso mínimo de 80 kg/m^2 incluindo a estrutura de madeira, com uma inclinação de 10° ou até 20% .

Figura 28 - Sistema Modular Alveolar Leve



Fonte: AUTORES, 2019

Esse tipo de sistema tem como objetivo proporcionar ao telhado, com pouca inclinação, uma cobertura vegetal para o conforto térmico do ambiente interno. Ele se caracteriza por ser um sistema leve, em sua composição, possui membrana alveolar, responsável pela reserva de água para a vegetação, e pelo pouco peso que o sistema tem, que é recomendado para telhados com pouca circulação.

Um cuidado importante que deve ter com esse tipo de sistema é que ele não tem a finalidade de impermeabilizar a cobertura, portanto, antes da instalação, devem ser observadas as condições da estrutura da laje e a estrutura de madeira que irá sustentar o sistema alveolar leve, para poder impermeabilizar e evitar transtornos futuros.

Através de análises e de acordo com os cálculos realizados pelo engenheiro civil Paulo Renato, o peso por metro quadrado está dentro da sobrecarga considerada nos cálculos do projeto. Caso exista a possibilidade de um possível reforço estrutural, já seria inviável a instalação do sistema, pois aumentaria o custo que deveria ser considerado no projeto.

4.3.1 Especificação dos materiais

Segundo o manual e especificação do EcoTelhado (2010), o sistema Alveolar Leve é formado pelos seguintes materiais com suas respectivas especificações:

a) Módulo Plástico Alveolar Ecotelhado (Figura 29):

- Aparência: semi-flexível, cor preto, é fornecido em placas, possui reservatórios de formato retangular para o armazenamento da água.
- Composição: feito com material de plástico reciclado.
- Dimensões: placas nas dimensões de 70 x 115 x 3,5 cm, ($A = 0,805 \text{ m}^2$).
- Retenção de água : 35 L/m².
- Finalidade: controlar a drenagem e a retenção de água para as raízes da vegetação (reserva de água sob as raízes), evita contato direto da vegetação com a laje.

Figura 29 - Módulo Plástico Alveolar Ecotelhado



Fonte: ECOTELHADO, s/d

b) Membrana de Absorção FAG 14 (Figura 30):

- Aparência: possui a tonalidade verde acizentada, fornecida em rolo.
- Composição: composta de não tecido reciclado.
- Dimensão: tem espessura de 5 mm. Largura de 200 cm e comprimento diversos.
- Finalidade: tem como finalidade a retenção de água e nutrientes para suprir parcialmente as raízes da vegetação.

Figura 30 - Membrana de Absorção



Fonte: ECOTELHADO, s/d

c) Substrato Leve EcoTelhado (Figura 31):

- Aparência: possui a cor acinzentado escuro.
- Composição: composto de materiais orgânicos oriundos de indústria de reciclagem.
- Dimensão: substrato de baixo peso específico com altura recomendada de 3,6 cm de forma e permitir que as raízes rapidamente cheguem nos alvéolos para se abastecer da umidade resistente, dentro dos reservatórios.
- Finalidade: substrato leve e nutritivo, proporcionando baixa carga na base da cobertura e grande poder de retenção de água e nutrientes.

Figura 31 - Substrato Leve EcoTelhado



Fonte: ECOTELHADO, s/d

d) Forth Gel (Figura 32):

- Aparência: possui a tonalidade branca.
- Composição: o gel para plantio é um copolímetro de poliácrlato de potássio.
- Finalidade: seu objetivo é reter a umidade.

Figura 32 - Forth Gel



Fonte: ECOTELHADO, s/d

e) Grama esmeralda (Figura 33):

- Aparência: membrana de tecido, fornecida em rolo.
- Composição: substratos incorporados e mudas pré-vegetadas de plantas rústicas, com predominância de boldo e gramíneas.
- Dimensão: espessura de 4 mm e dimensões de 75 x 220cm.
- Finalidade: sua finalidade é reter de água e nutrientes e e servir de suporte para a vegetação rústica pré-vegetada.

Figura 33 - Grama esmeralda



Fonte: GRAMA NATURAL, s/d

4.3.2 Quantidade de materiais utilizados

A informação mais importante para se obter a quantidade de materiais para realizar o orçamento é a área de cobertura onde será instalado o sistema alveolar leve.

Para determinação da quantidade de peças do Módulo Plástico Alveolar Ecotelhado foi realizado a divisão da área onde será instalado a cobertura verde (73,71 m²) pela área do

módulo ($1,15\text{m} \times 0,70\text{m} = 0,805\text{m}^2$), resultando 91,565 peças, no qual arredondando gera 92 peças.

A Ecotelhado fornece a membrana de absorção FAG 14 (Feltro vegetado com bolbo chileno) com peças de tamanhos variados. A quantidade foi fornecida pela própria empresa de acordo com a área do projeto em estudo de $73,71 \text{ m}^2$. Determinou-se então, que a área da membrana de absorção de nutrientes teria $81,83 \text{ m}^2$, arredondando para 82 m^2 .

A quantidade do composto orgânico (substrato) é determinado pela multiplicação da quantidade em litro de cada saco (36L) com a área da cobertura vegetal ($73,71\text{m}^2$), que resultou em 2.653,56 litros. Como cada saco do composto pesa 25 kg, foi realizado a divisão pelo resultado em litros, resultando em 107 sacos do substrato de 25 kg.

Em relação ao Forth Gel, conforme orientação da empresa Ecotelhado, é necessário somente um balde de Forth Gel de 2 kg. A quantidade de grama esmeralda é medida por metro quadrado, cada placa tem $1,65 \text{ m}^2$, dividindo pela área da cobertura ($73,71\text{m}^2$), resulta em 45 placas. Conforme a Tabela 1, foi resumido todo o material com suas respectivas quantidades para poder cobrir a área de $73,71 \text{ m}^2$ de cobertura na edificação escolhida para o estudo.

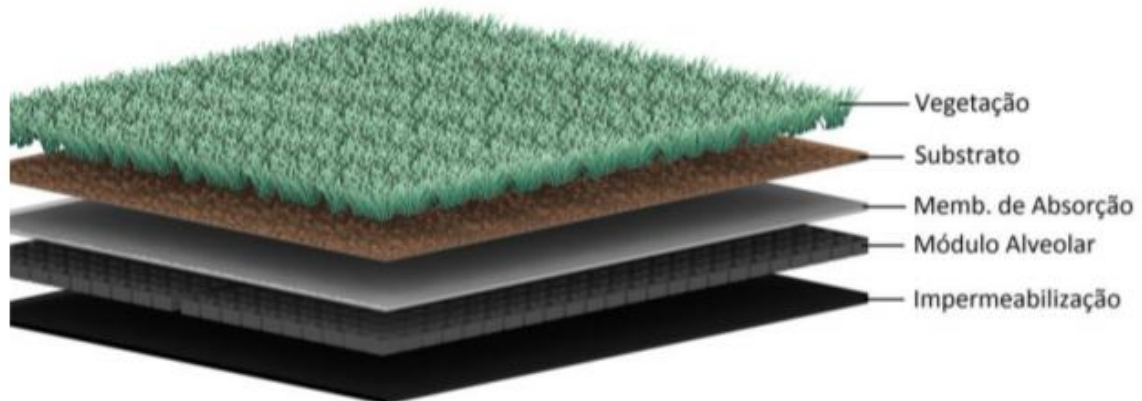
Tabela 1 - Quantitativo dos materiais

Material	Unidade	Quantidade
Módulo Alveolar 0,70 x 1,15 m	ud	93
Membrana FAG 14 Feltro(absorção)	m^2	82
Composto Orgânico (sacos de 36L – 25kg)	L	2653,56
Forth Gel balde 2 kg	Kg	2
Grama Esmeralda	m^2	74,25

Fonte: AUTORES, 2019

A determinação dos valores da tabela acima só foi possível com a ajuda de representantes da Ecotelhado, através de email e conversas utilizando aplicativos de comunicação. Como a empresa é de outro estado do Brasil, durante um dos contatos com o profissional da área, ele explicou através da Figura 34, como é cada uma das camadas do sistema alveolar leve.

Figura 34 - Ilustração do sistema alveolar leve



Fonte: ECOTELHADO, 2010

4.3.3 Descrição do serviço

O modulo alveolar não deve ficar exposto ao sol. As membranas devem ser instaladas na sequência apresentada no passo a passo a seguir, sempre levando em consideração uma sobreposição da membrana de absorção de 5 cm. A estrutura deve estar preparada para receber um peso de 80 kg/m².

O sistema possui uma altura média de 12cm, podendo variar de acordo com a vegetação a ser utilizada. Recomenda-se fazer uma contenção lateral para o sistema em todo o seu perímetro.

4.3.3.1 Passo a passo para a instalação do sistema

- 1º passo: Instalação dos Módulos Plásticos Alveolar sobre a laje;
- 2º passo: Instalação da membrana de absorção sobre o Módulo Plástico Alveolar;
- 3º passo: Aplicação do Substrato, com uma altura recomendada de 3,6cm.
- 4º passo: Aplicar o gel (*Forth Gel*) em cima do substrato. Recomenda-se a aplicação de 20g por m²;
- 5º passo: Aplicação da vegetação escolhida.

4.3.3.2 Cuidados a serem tomados

4.3.3.2.1 *Após a instalação*

Irrigar de forma abundante o sistema já vegetado, diariamente por pelo menos 45 dias ou até a vegetação se adaptar ao seu novo habitat.

- Vegetação com cor amarelada: se as plantas estiverem muito sofridas, deve-se adubar com substrato vegetal leve. Após a adubação, deve-se adubar em pouca quantidade e irrigar frequentemente. Evite o crescimento exagerado.
- Vegetação com aparência seca e enrugada: Deve-se irrigar uniformemente até o seu restabelecimento.

4.3.3.2.2 *Períodos de estiagem*

Em casos de estiagens prolongadas recomenda-se a instalação de um sistema de irrigação automatizada e também para potencializar o conforto térmico pela evapotranspiração. Esses sistemas de irrigação pode ser tanto por meio de gotejamento ou por aspersão. Para a vegetação do tipo gramíneas essa irrigação se torna indispensável para sistemas maiores.

4.3.4 **Observações importantes**

A responsabilidade estrutural do local é do contratante, o local deverá suportar o peso de 80kg/m². A vegetação se desenvolverá após a sua colocação, sendo que o período de fechamento total variará conforme a época do ano e a região.

O Sistema Alveolar Leve Ecotelhado não tem a finalidade de impermeabilizar a cobertura, portanto, antes de instalá-lo devem ser observadas as perfeitas condições de estanqueidade do telhado ou laje de cobertura.

4.3.5 **Levantamento de custos dos materiais**

Para realizar o levantamento dos custos dos materiais, é necessário verificar os preços de cada material separadamente, sem contar os serviços de instalação e outros que podem agregar no custo final do telhado verde, como a impermeabilização da laje.

Para cobrir uma área de 73,71 m², verificados nos projetos, são necessários 93 peças do módulo plástico alveolar com dimensão de 0,70 x 1,15 m. O preço orçamentado pela

própria empresa Ecotelhado de cada módulo custa R\$ 59,43. O próximo material é a membrana de absorção FAG 14 (Feltro vegetado com bolbo chileno), que segundo a empresa, os 82 m² utilizados teria o custo de R\$ 637,96. Portanto, dividindo o preço total da membrana pela sua metragem, o preço por m² custaria R\$ 7,78.

De acordo com o quantitativo, será utilizado 2653,56 L de substrato orgânico, convertendo para kg, fica com cerca de 1842,75 kg. Comercialmente, o substrato é vendido em sacos de 25 kg, com custo de R\$ 25,00 cada saco.

Para poder reter a umidade, será utilizado somente um balde de Forth Gel de 2 kg, que custa R\$ 25,00, para suprir toda área verde do telhado.

A grama esmeralda foi cotada em comércios na região onde o presente projeto foi desenvolvido, devido à facilidade na compra e no transporte da grama, pensando na qualidade do produto solicitado na chegada do local onde seria utilizado. Portanto, foi cotada no Portal das Gramas com o custo de R\$ 2,00 o m² mais o frete.

4.3.6 Levantamento dos custos de instalação

A empresa Ecotelhado oferece mão de obra própria para a instalação do telhado verde em qualquer região do Brasil, porém o custo de instalação e mão de obra é opcional. No site da empresa, é possível adquirir os manuais com o passo a passo para a instalação de qualquer tipo de sistema que a Ecotelhado oferece, com isso, a pessoa que adquirir os produtos, poderá realizar por conta própria a instalação ou contratar terceiros para realizar esse serviço.

No entanto, para desenvolver o orçamento do presente trabalho, foi solicitado que a empresa fornecesse os custos dos serviços de instalação com o pessoal da própria Ecotelhado.

Segundo a mesma, o custo por m² para a instalação custa em torno de R\$ 33,00, mais o deslocamento e estadia da equipe, mas será considerado somente o valor da instalação no planejamento orçamentário, no qual custa R\$ 2432,43 para a área total de 73,70 m².

4.4 RESULTADOS

Na Tabela 2, é possível verificar o resumo orçamentário dos materiais necessários para o telhado verde do projeto proposto no trabalho.

Tabela 2 – Orçamento de material

Quantitativo e Cotação				
Material	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Total
Módulo Alveolar 0,70 x 1,15 m	93	ud	R\$ 59,43	R\$ 5.526,99
Membrana FAG 14 (absorção)	82	m ²	R\$ 7,78	R\$ 637,96
Composto Orgânico (sacos de 36L – 25kg)	2653,56	L	R\$ 25,00	R\$ 1.842,75
Forth Gel balde 2 kg	2	Kg	R\$ 119,00	R\$ 119,00
Gramma Esmeralda	74,25	m ²	R\$ 2,00	R\$ 148,50
Total				R\$ 8.275,20
Total / m²				R\$ 112,27

Fonte: AUTORES, 2019

Sobre a instalação, conforme foi dito no tópico anterior, a empresa EcoTelhado oferece serviços e funcionários para a instalação, com o valor de R\$ 33,00, no qual o valor final somente da instalação custa R\$ 2432,43 para a área total de 73,70 m². O valor do frete é um serviço que deve ser consultado e definido pelo contratante.

A Tabela 3 mostra o resumo do valor final para a instalação do telhado.

Tabela 3 - Resumo

Valores de Materiais e Serviços Conforme Descritos Acima	
Materiais conforme Tabela 2	R\$ 8.275,20
Instalação	R\$ 2.432,43
Frete	á consultar
Total	R\$ 10.707,20
Total / m ²	R\$ 145,28

Fonte: AUTORES, 2019

Portanto, através dos dados apresentados verifica-se que os custos para a instalação do telhado verde na edificação proposta no trabalho é de R\$ 10.707,20 (dez mil, setecentos e sete reais e vinte centavos).

Comparando com os custos de um telhado convencional, feito de telha de cimento, para a mesma área de estudo, o custo sairia por volta de R\$ 5.000,00 (cinco mil) variando de acordo com o tipo de estrutura e o material utilizado, cerca de 54% de economia, mas em relação á tantos benefícios que a cobertura oferece, vale a pena investir pagando essa diferença.

5 CONCLUSÃO

A partir de estudos e análises de técnicas para a utilização do telhado verde no Brasil, que foram apresentadas nesse trabalho, conclui-se que o país tem empresas e custos que pensam em construções modernas e tecnológicas, levando em consideração a sustentabilidade. Mas para que o número de pessoas que adquirem essa técnica de construção, é preciso um incentivo, através de meios eletrônicos que divulguem estudos realizados, como este trabalho, e propagandas que mostrem para a população como essa técnica inovadora tende a trazer benefícios para seus usuários e para o meio ambiente.

Com os estudos realizados na revisão bibliográfica, verificou-se que o telhado verde é eficiente e capaz de melhorar aspectos bem importantes em construções no qual são instalados, como a qualidade da água da chuva e do ar, da temperatura ambiente do local, o isolamento acústico, reduzir um dos efeitos que vem prejudicando bastante o meio ambiente, que é o efeito da ilha de calor urbana, além de proporcionar um ambiente bem confortável e com um convívio social bem agradável, e ajudando a natureza.

Através dos estudos realizados para a implantação do telhado verde na região de Goiás, é possível concluir que o custo já garante benefícios e vantagens para os usuários, contribuindo ainda mais para a escolha de ter adotado essa técnica ajudando o estilo de vida sustentável, pois um investimento de R\$ 10.707,20 (dez mil, setecentos e sete reais e vinte centavos), de acordo com a situação simulada de uma edificação, garante um bom retorno em relação à qualidade de vida e até de saúde. A manutenção para o sistema alveolar leve permite que seu custo seja mínimo, preocupando mais com a estética das plantas utilizadas no sistema, como por exemplo, regar as plantas para evitar a mudança de cor, ou mesmo evitar que as gramíneas sequem.

Também se pode dizer que o sistema adotado nesse trabalho foi o mais apropriado para a estrutura da edificação, em relação ao peso e a inclinação do telhado, com materiais leves e de fácil instalação. Os custos relativos no orçamento, foi considerado somente materiais e instalação, pois gastos com frete, estadias de funcionários e outros custos depende de negociação do contratante com a empresa.

Concluindo também que com os benefícios que o telhado verde traz, é vantajoso investir, pois a diferença de custos entre ele e o telhado convencional não é muito grande se for pensar no bem social e no meio ambiente. Também existe uma certa valorização no imóvel quando ela possui a sustentabilidade e a biodiversidade incorporado em meio a zona

urbana. Também com a qualidade do ar e da água que o telhado verde favorece, diminui riscos a saúde humana, melhorando a qualidade de vida das pessoas, recuperando o “verde” que não só a construção civil retira, mas também como algumas ações humanas que diminuem a biodiversidade acontecem, e trazendo benefícios para a convivência dos seres vivos.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Abordando o tema sustentabilidade, vários temas podem ser discutidos apontando questões que podem melhorar a qualidade de vida das pessoas usando a construção civil, e uma dessas ideias é o reaproveitamento da água de chuva em edificações

REFERÊNCIAS

- ABCIMPER. **Serviços de Manta PVC Cobertura** S/D Disponível em:
<https://www.abcimper.com.br/manta-pvc-cobertura/> Acesso: 10/05/2019
- ABNT. **NBR 15575-1 Norma de desempenho**. 2013. Disponível em:
https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf Acesso:
 29/03/2019
- ARAÚJO, Sidney Rocha. **AS FUNÇÕES DOS TELHADOS VERDES NO MEIO URBANO, NA GESTÃO E NO PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**. 2007. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007
- ARQUITETURA, Dicas. **Os jardins suspensos da Babilônia**. S/D Disponível em:
<https://dicasarquitetura.com.br/os-jardins-suspensos-da-babilonia/> Acesso:29/03/2019
- BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. **TELHADO VERDE E SUA CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DA VAZÃO DA ÁGUA PLUVIAL ESCOADA**. 2012. Dissertação (Pós Graduação em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BARBOSA, Vanessa. **Prédio na França deverão ter telhado verde com painel solar**. 2015. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/mundo/predios-novos-na-franca-deverao-ter-telhado-verde-ou-solar/> Acesso: 29/03/2019
- BIANCHI, Renato. **Telhado verde: como montar o seu usando sistemas prontos**. 2017. Disponível em: <https://arquiteturaeconstrucao.abril.com.br/sustentabilidade/como-montar-o-seu-telhado-verde-usando-sistemas-prontos/> Acesso: 14/05/2019
- BRAGA, Cristina **Flores e Folhagens**. S/D Disponível em:
<https://www.floresefolhagens.com.br> Acesso: 10/05/2019
- BRÁULIO, **Sistema Extensivo - Telhado do Carrefour em Viena, Áustria**. S/D. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo51_telhado_verde.pdf
 Acesso: 14/05/2019
- BUILD UP, **Quais são os componentes estruturais que formam um telhado verde?** 2017 Disponível em: <http://www.buildup.eu/en/learn/ask-the-experts/which-are-structural-components-form-green-roof> Acesso: 03/05/2019
- CIDADE JARDINS. **Sistema Modular** S/D Disponível em:
<https://institutocidadejardim.com.br/sistema-modular> Acesso: 10/05/2019
- CORRÊA, Lásaro Roberto. **SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2009. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2009.

CORRENT, Luan; LEHMANN, Priscila. **TELHADO VERDE: DA BABILÔNIA AOS DIAS ATUAIS**. 2017. Pesquisa Institucional (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Guarapuava, [S. l.], 2017.

CURTA MAIS. **Telhado Verde já são lei em várias partes do mundo, inclusive no Brasil**. 2016. Disponível em: <http://www.curtamais.com.br/goiania/tehdados-verdes-ja-sao-lei-em-varias-partes-do-mundo-inclusive-no-brasil> Acesso: 29/03/2019

COSTA, Suzana Bezerra. **LEVANTAMENTO DE CUSTO E BENEFÍCIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE TELHADO VERDE NA COBERTURA IMPERMEABILIZADA DE UMA EDIFICAÇÃO VERTICAL**. 2018 .Monografia (Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Goiás, 2018

ECODHOME, **Passo-a-Passo para fazer um telhado verde (com custos)**. 2014. Disponível em: <http://www.ecodhome.com.br/blog/777/> Acesso: 10/05/2019

ECOTELHADO, **Telhado verde garante isolamento térmico**. S/D Disponível em: https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/telhado-verde-garante-isolamento-termico_15177_1563 Acesso: 14/05/2019

ECOTELHADO, **Gramma para telhado verde**. S/D. Disponível em: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/plantas-2/> Acesso: 10/05/2019

ECOTELHADO, **Ecotelhado Sistema Alveolar Leve**. 2010. Disponível em: <https://ecotelhado.com/sistema/ecotelhado-telhado-verde/sistema-modular-alveolar-leve/> Acesso: 05/10/2019

ECOTELHADO, **Copenhague é a segunda cidade no mundo a tornar obrigatórios os telhados verdes**. 2015. Disponível em: <https://ecotelhado.com/copenhague-e-a-segunda-cidade-no-mundo-a-tornar-obrigatorios-os-telhados-verdes/> Acesso: 29/03/2019

FERREIRA, Bruno Z. Martins; COSTA, Camila Correia. **Sustentabilidade nas edificações: Telhado Verde**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Positivo, Curitiba, 2010.

GATTO, CHRISTIANE MERHY. **COBERTURAS VERDES: A IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA E DA IMPERMEABILIZAÇÃO UTILIZADAS**. 2012. Trabalho de conclusão de curso (Pós Graduação Em Arquitetura E Urbanismo) - Universidade Federal De Juíz De Fora, JUÍZ DE FORA, 2012.

GOMES, Aline Diniz Nogueira *et al.* **UMA BREVE ANÁLISE SOBRE A EFICIÊNCIA DO TELHADO VERDE COMO ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA AS CONSTRUÇÕES CIVIS**. 2011. Artigo (Gestão Ambiental) - UNIABC, Santo André, 2011.

Guide Bâtiment Durable, **Realize telhados verdes**. 2016. Disponível em: <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/realiser-des-toitures-vertes.html?IDC=26&IDD=4745> Acesso: 14/05/2019

HENEIME, Maria Cristina A.S. **COBERTURA VERDE**. 2008. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2008.

KOZ, José, **Construção civil é o ramo que mais consome materiais no mundo, afirma professor da Poli**. 2012. Disponível em: <http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=4848&ed=853&f=2> Acesso: 03/05/2019

LAROCHE, Dany et al. **Les Toits Verts aujourd'hui: c'est construire Le Montréal de Demain**. Montréal, 2004. Disponível em: <http://ocpm.qc.ca/sites/ocpm.qc.ca/files/pdf/41/8aa.pdf> Acesso: 03/05/2019

MENEZES, Tamara. **Cidades mais verdes da Alemanha**. 2016. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/conhe%C3%A7a-as-cidades-mais-verdes-da-alemanha/a-19268532> Acesso:29/03/2019

MIRANDA, Ângelo Tiago. **Desenvolvimento sustentável - Conferências da ONU, 2014**. Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/desenvolvimento-sustentavel-3-conferencias-da-onu.htm> Acesso:29/03/2019

MÜLLER, Jéssica Härtge; TRINDADE, Juliana Flores; PIOVESAN, Tenile Rieger. **A SUSTENTABILIDADE COMO PARTE INTEGRANTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2017. Pesquisa Institucional (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2017.

NATURAL, Grama Natural, **GRAMA NATURAL ESMERALDA**. s/d. Disponível em: <http://www.gramanatural.com/grama-natural-esmeralda/> Acesso: 05/10/2019

NETO, Pedro de Souza Garrido. **TELHADOS VERDES COMO TÉCNICA COMPENSATÓRIA EM DRENAGEM URBANA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**. 2016. Dissertação de Mestrado (Pós Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

OLIVEIRA, Ademar Tabosa. **Vantagens da laje steel deck**. 2018. Disponível em: <https://inbec.com.br/blog/confira-vantagens-laje-steel-deck-concreto-armado> Acesso: 10/05/2019

PEREIRA, Caio. **IMPERMEABILIZAÇÃO DE LAJES**. 2018 Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/impermeabilizacao-de-lajes/> Acesso: 03/05/2019

PECK, Steven; KUHN, Monica. **Lignes Directrices de Conception de Toits Verts. Québec**. 1999. Disponível em: <http://www.cebq.org/documents/Lignesdirectricesdeconceptiondetoitsverts.pdf> Acesso: 14/05/2019

PINHO, Márcio. **Obrigatoriedade de novos prédios terem telhados verdes**. 2015 Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/haddad-veta-obrigatoriedade-de-novos-predios-terem-telhado-verde.html> Acesso: 03/05/2019

QUINTELLA, Maria Tereza. **A Origem dos Telhados Verdes**. 2012. Disponível em: <http://telhadosciativos.blogspot.com/2012/03/origem-dos-telhados-verdes.html> Acesso: 29/03/2019

ROLA, Sylvia Meimaridou. **A NATURAÇÃO COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE DE CIDADES: ESTUDO DA CAPACIDADE DO SISTEMA DE NATURAÇÃO EM FILTRAR A ÁGUA DE CHUVA**. 2008. Tese (Pós Graduação em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ROTH, Caroline das Graças; GARCIA, Carlos Mello. **Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento Em Questão**. 2009. Artigo. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169> Acesso: 03/05/2019

SADDI, Karielle Garrido; MOURA, Rúbia Oda. **COBERTURAS VERDES: ANÁLISE DO IMPACTO DE SUA IMPLANTAÇÃO SOBRE A REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SANTOS, Leonildo R. Lima *et al.* **Telhado Verde: Uma Proposta Sustentável para a Construção Civil**. 2017. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Tiradentes, Alagoas, 2017.

SESC. **Conceito de sustentabilidade**. S/D Disponível em: <http://sustentabilidade.sescsp.org.br/conceito-de-sustentabilidade> Acesso: 03/05/2019

SILVA, Fernando Benigno. **Telhado verde alveolar**. 2010. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/162/sistemas-construtivos-287779-1.aspx> Acesso: 10/05/2019

SILVA, Neusiane da Costa. **TELHADO VERDE: SISTEMA CONSTRUTIVO DE MAIOR EFICIÊNCIA E MENOR IMPACTO AMBIENTAL**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte, 2011.

TOMAZ, Plínio. **Cobertura verde**. 2008. Curso de manejo de águas pluviais. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_poluicao_difusa/capitulo51.pdf Acesso: 03/05/2019