

## **Análise da Viabilidade Técnica de Implantação de Telhado Verde conforme Certificação LEED**

Drielly Borges de Oliveira<sup>1</sup>, Suzane Ferreira Gomes Braz<sup>2</sup>, Bárbara Gomes Martins<sup>3</sup>

### **Resumo**

Este artigo tem o objetivo de analisar a aplicação da técnica construtiva de coberturas verdes semi-intensiva em uma churrascaria localizada no município de Rio Verde – GO, utilizando o método de aplicação modular comercializado pelo Instituto Cidade Jardim, demonstrando sua forma de utilização, os tipos de vegetação adotadas, bem como uma análise acerca das vantagens da utilização dessa técnica para o empreendimento. As adaptações no local escolhido foram feitas de modo a atender as exigências da certificação LEED, agregando ainda mudanças no estabelecimento, como a colocação de cisternas aterradas para reutilização das águas pluviais para fins não potáveis, a fim de atingir a pontuação necessária para a Certificação Silver. Como atividade prática, objetiva-se a utilização dessas técnicas em um jardim-horta, voltado ao escopo de reduzir os gastos com aquisição e transporte das hortaliças, culminando na oferta dos alimentos produzidos a clientes, objetivando a produção de vegetais com garantia de qualidade, isentos de agrotóxicos. Ademais, a cobertura verde também irá integrar uma área de lazer, placitando a intensificação do convívio social, além de propiciar a melhoria da qualidade do ar, da proteção termoacústica interna, e a economia energética gerada pela redução da utilização de refrigerados climáticos.

**Palavras-chave:** Telhado verde. Certificação. LEED. Sustentabilidade.

### **1. Introdução**

A inércia térmica acumulada pelos materiais, principalmente das coberturas das edificações, é uma das grandes responsáveis pelo desconforto climático no interior de muitas construções, o que frequentemente leva a utilização de sistemas elétricos de refrigeração e/ou aquecimento, agravando o impacto ambiental (GOUVEIA, 2008).

Devido ao acelerado crescimento populacional e econômico nos grandes centros urbanos durante a Revolução Industrial, no século XVIII, as construções ocuparam o espaço que eram originalmente ocupados pela vegetação, onde inúmeras árvores foram derrubadas, os cursos d'água foram degradados e o ar se tornou ainda mais poluído (GARRIDO NETO, 2012).

---

<sup>1</sup> drielly\_borges@hotmail.com, Acadêmica, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

<sup>2</sup> suzane\_braz.rv@hotmail.com, Acadêmica, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

<sup>3</sup> barbara@unirv.edu.br, Mestre em Engenharia Civil, Professora, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Civil.

Segundo dados do Relatório Planeta Vivo, da WWF (2010), em 2007 a humanidade chegou a consumir cerca de 50% mais recursos naturais do que a capacidade de renovação da Terra, sendo o ramo da construção civil o maior responsável pelo consumo desses bens. Além disso, através de dados retirados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos sejam provenientes da construção, como aponta o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CBIC, 2013).

Tentando minimizar os impactos ambientais provocados pela construção, surge o conceito de construção sustentável, que segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992, esta é definida como: "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído".

Para conciliar os interesses das construtoras com as novas demandas governamentais de sustentabilidade, e o novo mercado ambientalmente consciente que surge, as organizações públicas e privadas desenvolveram métodos de avaliações para reduzir os impactos gerados pela construção. Assim, surgiram as certificações e selos para construção sustentável e suas especialidades, que são um sistema de avaliação que quantifica o grau de sustentabilidade de um projeto de acordo com alguns critérios de desempenho organizados em categorias que incluem áreas como: eficiência no uso de água, energia e atmosfera, desempenho termo acústico, tipos de materiais utilizados, gestão de resíduos, entre outros (COELHO, 2010).

De acordo com Feijó (2011), o telhado verde é uma das técnicas que se destaca grandemente, atendendo grande pontuação em diversas modalidades de certificação Leadership in Energy and Environmental Design (Liderança em Energia e Design Ambiental - LEED), e pode trazer inúmeros benefícios ao empreendimento que a obtém, dentre eles benefícios econômicos, ambiental e social, como a redução dos custos operacionais, valorização do imóvel, redução na extração dos recursos naturais e seu uso racional, diminuição no efeito das mudanças climáticas, uso de materiais de baixo impacto ambiental, reutilização e tratamento dos resíduos da construção, melhoria na segurança e saúde dos ocupantes, incentivo aos fornecedores a responsabilidades socioambientais, aumento da satisfação e bem-estar dos usuários e estímulos as políticas públicas para Construções Sustentáveis (GBCBrasil, 2014).

O telhado verde pode se conceituar tanto como uma cobertura construtiva com vegetação, quanto como telhados que possuem painéis solares, tintas brancas com alta emissividade e refletividade ou até mesmo a utilização de telhas shingle de grande duração (BONI, 2015). Pode ser definido como coberturas ecológicas que trazem benefícios como

estética do local, isolante térmico e acústico, drenagem das águas pluviais, valorização do imóvel, ação sustentável, uso do espaço para lazer e produção de alimentos, eficiência energética e redução da poluição atmosférica (MENDES, 2014).

Buscando comprovar a eficiência térmica do telhado verde em relação aos telhados tradicionais, Vecchia (2005) realizou um estudo registrando a temperatura externa e a variação térmica no interior do ambiente promovendo uma comparação entre o comportamento térmico do telhado verde com os sistemas tradicionais de coberturas existentes no Brasil. Através dos resultados apresentados na Figura 1, pode-se perceber que o telhado verde não somente resfria o ambiente interno, mas, em dias frios, também conserva esse calor.

	S.I. (°C) telha cerâmica	S.I. (°C) aço galvanizado	S.I. (°C) fibrocimento 6mm	S.I. (°C) laje de concreto	S.I. (°C) telhado verde leve	Temperatura do ar externa (°C)
Máxima	50,9	57,8	48,6	45,0	26,7	34,0
Média	32,9	35,9	25,6	31,8	22,1	27,1
Mínima	8,5	9,5	9,5	11,5	17,5	12,7
A (amplitude térmica)	42,5	48,4	39,1	33,4	9,2	21,4

Figura 1 - Quadro da variação da amplitude térmica na superfície interna (S.I.) com relação à temperatura externa do ar, em diferentes tipos de coberturas.

Fonte: Vecchia (2005).

O telhado verde teve origem na antiga Mesopotâmia, no século VI a.C., sendo os mais famosos os Jardins Suspensos da Babilônia. No Império Romano foi amplamente difundido, com o cultivo de árvores nas coberturas dos edifícios, como o mausoléu de Augusto, apresentado na Figura 2 (ARAÚJO,2007). Na Europa, já está bastante difundido, principalmente em países como a Noruega, Alemanha, Áustria e Suíça, tornando-se um conceito arquitetônico em 1920 (CANERO; REDONDO, 2010).

A Alemanha nos anos 50, foi pioneira em pesquisas científicas, tendo como objetivo a conservação das águas e energia através desse sistema construtivo. Com incentivos do governo nesse setor, técnicas de construção foram desenvolvidas e nos anos 70 foram introduzidos nesse sistema materiais drenantes, membranas impermeabilizantes, agentes anti-raízes, entre outros. Houve aumento nas construções, nos anos 80, totalizando dez milhões de metros quadrados de telhados verdes na Alemanha em 1996, sendo possível este crescimento por conta de leis de subsidio municipais, estaduais e federais (SILVA, 2011).



Figura 2 - Mausoléu do Imperador Augusto, Roma  
Fonte: Travelermap (2015).

No Brasil, o primeiro projeto de telhado verde foi em 1936, no prédio do MEC e foi construído por Roberto Burle Marx. Em algumas cidades do país como São Paulo e no Rio Grande do Sul, já existem empresas especializadas na aplicação e construção de coberturas verdes, mas o interesse no país ainda é pequeno, mas considerando as espécies vegetais que são propícias no país, os engenheiros e arquitetos deveriam estimular e tornar público o telhado verde, para que comece um hábito entre todos. Uma das causas de ser pouco difundida é por se tratar de um sistema complexo, que necessita de mão de obra especializada por conta da sua carga extra sobre a edificação, seu alto investimento inicial, e de frequentes manutenções para manter sua estrutura saudável e bonita.

### 1.1. Objetivos

#### - Objetivo geral:

Elaborar um projeto de telhado verde de modo a atender as exigências da certificação LEED, estudando a aplicação da cobertura verde na edificação escolhida, verificando as adaptações necessárias para sua instalação;

#### - Objetivos específicos:

- Apresentar as vantagens obtidas pelo emprego do telhado verde nas construções modernas, como alternativa de indicadores sustentáveis e preservação do meio ambiente;
- Fazer os cálculos dos equipamentos e dimensionamentos necessários para a captação de águas pluviais e de seu reservatório;
- Verificar com o proprietário as necessidades do estabelecimento quanto a demanda semanal de hortaliças para melhor dimensionamento dos canteiros;
- Levantamento e orçamento de todo material necessário para a construção do projeto.

## 2. Material e métodos

Neste trabalho, o tipo de telhado verde estudado possui vegetação, definido por Lichtenberg (2011) como uma estrutura que permite o cultivo de plantas sobre uma laje ou telhado impermeabilizado, com a principal função de diminuir o impacto das chuvas e combater as ilhas de calor, que são consequências da impermeabilização das grandes cidades.

Além da elaboração do projeto de telhado verde, pretende-se também que esse empreendimento seja classificado como uma construção sustentável. Para isso, o projeto foi ajustado de forma a se obter uma certificação LEED.

A planta baixa apresentada na Figura 3 trata-se da edificação em que foi elaborado o projeto desse telhado verde, uma churrascaria localizada no município de Rio Verde/GO. A proposta do telhado verde neste estabelecimento pretende combinar o conforto termoacústico e o fornecimento de parte dos alimentos para o restaurante, além de poder ser usado como espaço de descanso e lazer aos clientes e funcionários, agregando valor comercial ao imóvel.

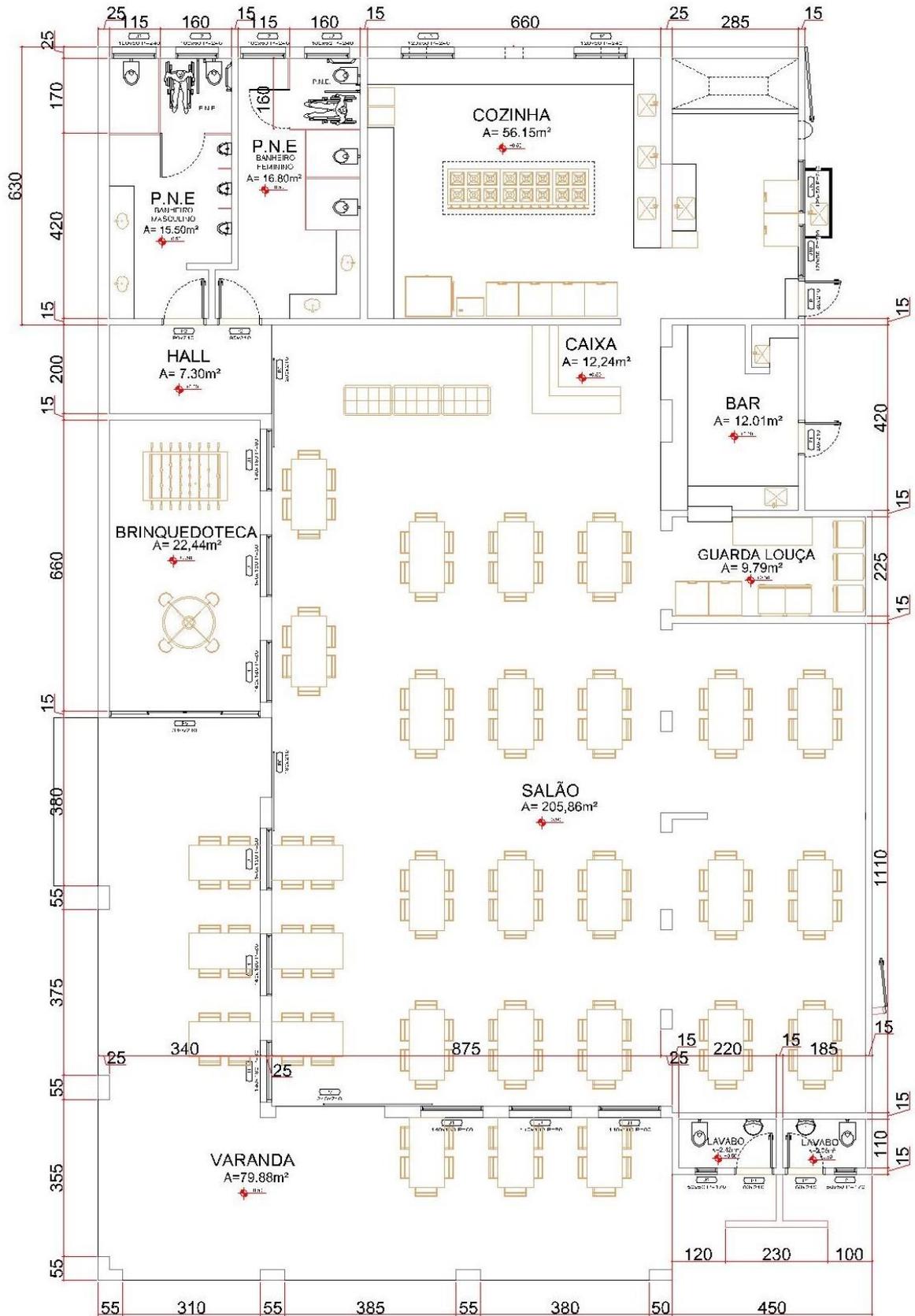


Figura 3 - Planta baixa do empreendimento  
Fonte: Cedido pelo proprietário (2019).

## 2.1. Certificação LEED

Considerado o sistema de certificações mais utilizado no mundo atualmente, o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design I), desenvolvido pelo Green Building Council nos Estados Unidos em 1993, avalia oito critérios principais, cada qual possuindo pré-requisitos – que são ações obrigatórias para quem busca a certificação do empreendimento – e créditos – sugestões da LEED que somam pontos à classificação. Esses critérios são:

- Localização e transporte;
- Terrenos sustentáveis;
- Uso Racional da água;
- Eficiência Energética e Qualidade Atmosférica;
- Materiais e Recursos;
- Qualidade Ambiental Interna;
- Inovação e Processos;
- Créditos regionais.

A categoria de análise ao qual o empreendimento estudado se encontra é a LEED BD+C (Building Design + Construction), que “foca em projeto, novas construções ou grandes reformas de edifícios existentes. Inclui grandes melhorias no sistema AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), modificações significativas na envoltória e grandes reformas internas” (GBCB, 2014).

De acordo com a pontuação recebida, as edificações poderão ser classificadas em níveis de desempenho como Certified (Certificado), Silver (Prata), Gold (Ouro) e Platinum (Platina), apresentados na Figura 4.



Figura 4 - Níveis de certificação LEED

Fonte: Hamze (2016).

## 2.2. Dimensionamento de reforço da laje

Como se estudou o projeto de telhado verde para atender a uma edificação já construída foi calculado somente a altura da nova laje que o sustentará. A indicação dos fornecedores do sistema do telhado, Instituto Cidade Jardim, é que a estrutura deva suportar  $100\text{kg/m}^2$ , que é o peso incluindo todo o sistema de Telhado Verde, as plantas, o substrato saturado e a circulação de funcionários e clientes.

Foi utilizado o programa experimental Celm para o cálculo da nova altura a ser utilizada. Como o projeto não possui planta estrutural, as vigas foram dispostas com base na observação do local, de modo que a laje ficasse dividida em 8 partes com áreas retangulares, para se ter melhor precisão e manter uma altura mínima. Para a carga acidental sobre a laje, foi utilizado o valor de  $3\text{kN/m}^2$ , valor indicado para restaurantes segundo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), resultando ao final em uma carga total de  $8,5\text{kN/m}^2$ .

A altura seria unificada entre todas as lajes, de acordo com a que esteja sob maior impacto (laje 06), sendo utilizada a altura de 18 cm para todas as lajes, como se pode observar na Figura 5.

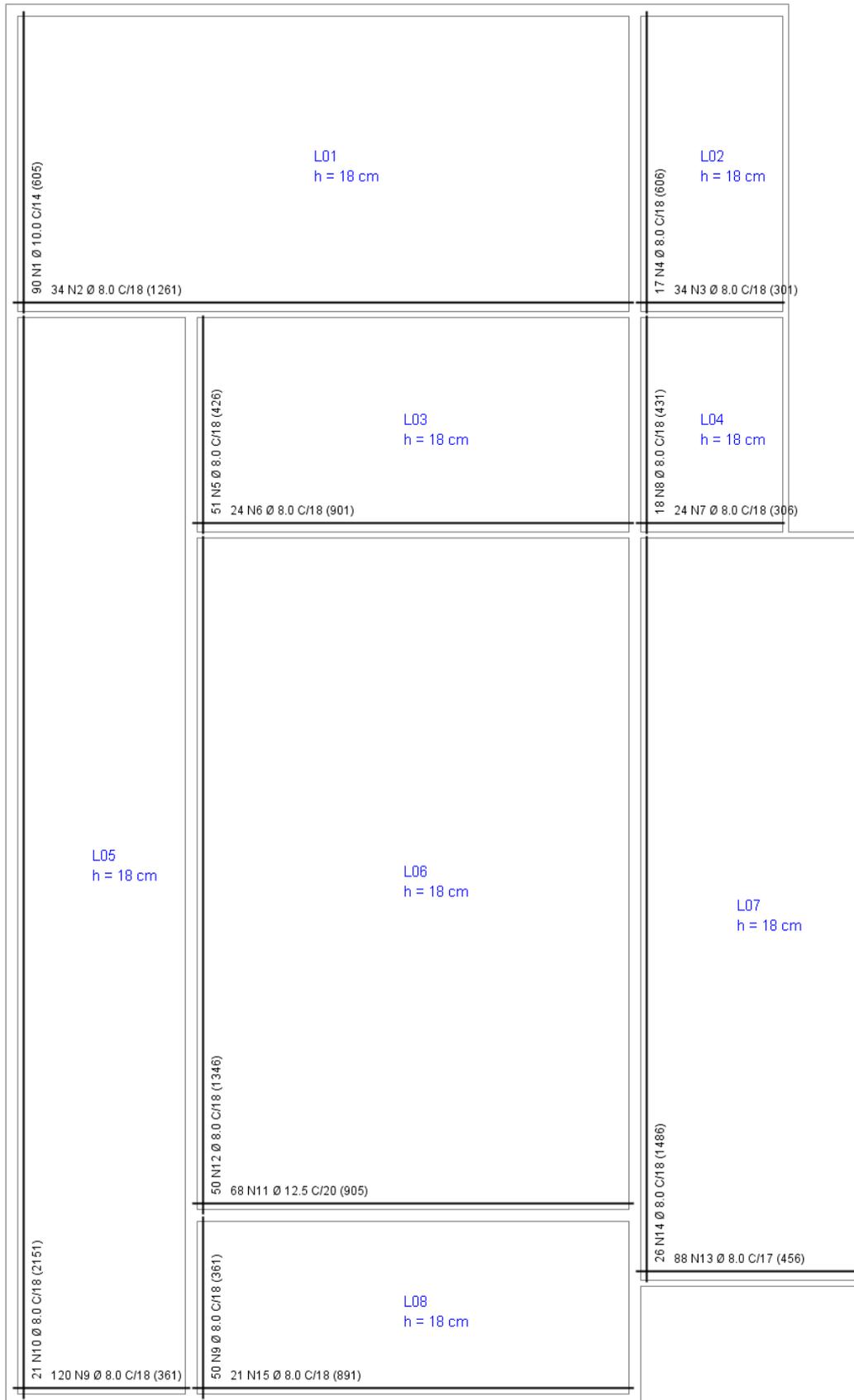


Figura 5 - Esquema das lajes com indicação de altura e armaduras positivas  
Fonte: Celm (2019).

### 2.3. Captação de chuva e dimensionamentos

Para o cálculo do escoamento da água, a laje foi dividida em duas áreas distintas de acordo com o caimento da água, como se pode observar na Figura 6. A parte mais baixa de cada lado da laje é composta por uma calha calculada para suportar o período chuvoso, direcionando a água que não foi retida pelos módulos até as cisternas para serem reaproveitadas no uso das descargas, limpeza da área externa, regas do jardim e, em época de seca, para irrigação das hortaliças.

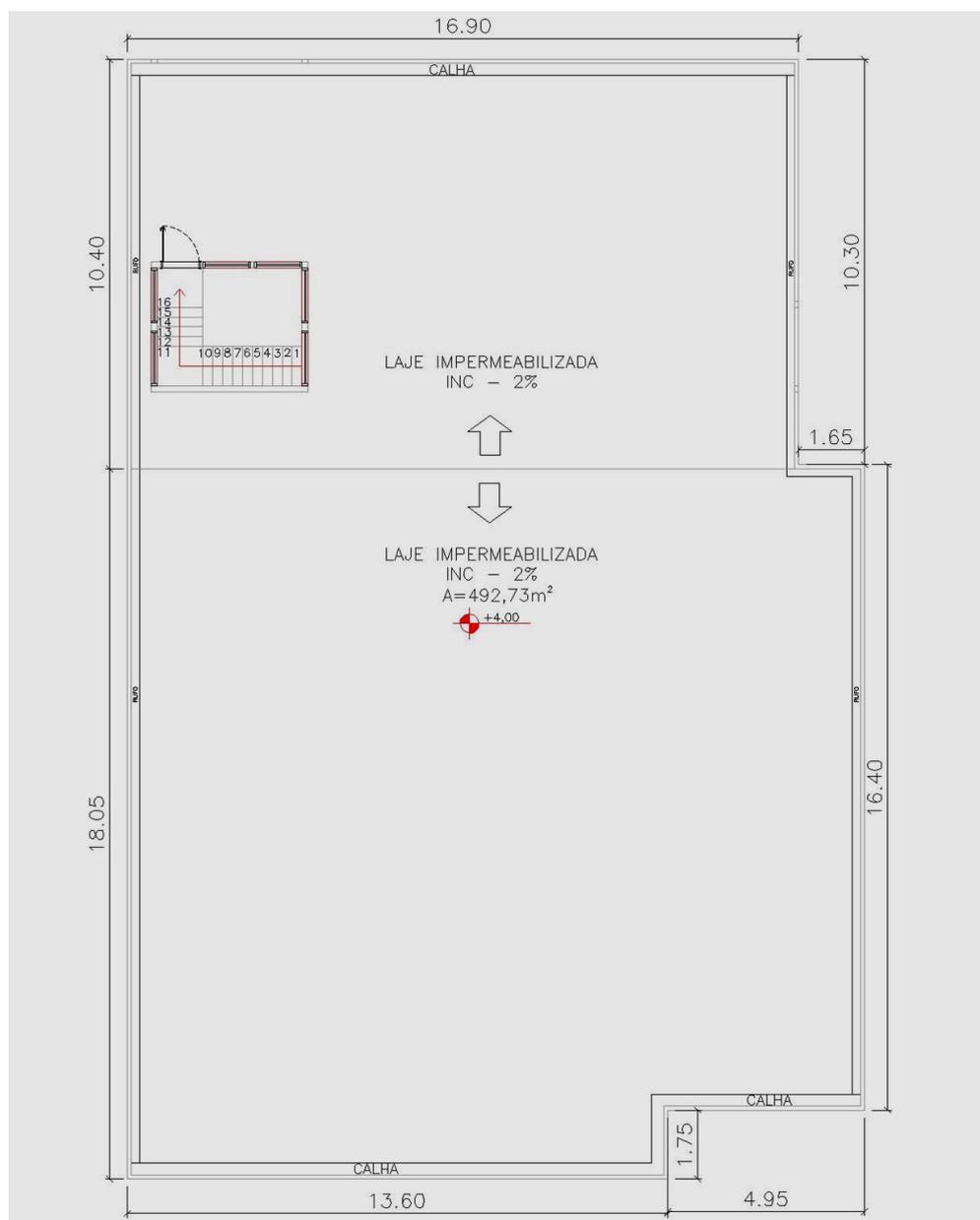


Figura 6 - Detalhe da divisão e inclinação das lajes  
Fonte: Próprias autoras (2019).

O projeto de captação de água foi dimensionado utilizando a norma da NBR 10844 (ABNT, 1989), para cálculos como:

- Área de contribuição da chuva;
- Dimensionamento das calhas;
- Capacidade dos condutores verticais;
- Dimensionamento da cisterna.

Para o cálculo da área de contribuição de captação da chuva, indicado pela letra  $A$  na Equação 1, retirada da NBR 10844 (ABNT, 1989) para superfícies do tipo plana inclinada, onde  $h$  é a altura da laje,  $a$  sua distância de inclinação e  $b$  o comprimento. Optou-se por utilizar alturas diferentes para as lajes, obedecendo à inclinação mínima de 2% para ambas.

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (1)$$

Para dimensionamento de condutores na calha, utilizou-se a equação de vazão de projeto  $Q$  (Equação 2) dada em L/min (litros por minuto). A Intensidade pluviométrica (mm/h) adotada foi a de Goiânia/GO, retirada da tabela presente na norma NBR 10884 (ABNT, 1989), pois a mesma não possui dados de Rio Verde/GO. Com isso adotou-se  $I=178$  mm/h (milímetros por hora), em um período de retorno de 5 anos. Além disso, como se trata de uma calha de platibanda com saída a menos de 2 metros da mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada por 1,2, segundo a mesma norma.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (2)$$

Com base no material da calha, se obtém o coeficiente de rugosidade. Ambas as calhas são de plástico com seção semicircular, se enquadrando em metais não ferrosos de  $n=0,011$  podendo fazer uso do Quadro 1 abaixo para a escolha do seu diâmetro ideal e declividade, sendo estas de 2% de declividade.

Quadro 1 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade  $n = 0,011$

Diâmetro Interno (mm)	Declividades		
	0.50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

Para o dimensionamento das cisternas que coletarão a água da chuva para fins não potáveis, foi utilizada a norma NBR 15527 (ABNT,2007). Devido ser um ambiente comercial, não se tem o volume de água demandada para esses serviços, por tanto foi escolhido o Método de Azevedo Neto, expresso na Equação 3, onde  $P$  é a precipitação média anual em mm,  $T$  é o número de meses de pouca chuva ou seca,  $A$  é a área de contribuição em  $m^2$  e  $V$  o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório em L.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3)$$

#### 2.4. Etapas de execução do Sistema de Telhado Verde

De acordo com International Green Roof Association (Associação Internacional de Telhado Verde - IGRA, 2015), os telhados verdes podem ser classificados quanto à espessura da camada do substrato, métodos de cultivo, os tipos de plantas usados, a necessidade de manutenção e irrigação, tipo de laje onde deverá ser instalado, altura do sistema, peso, custo e se podem ser acessíveis ou não. Dessa forma, após avaliação estrutural, o telhado poderá ser extensivo, intensivo ou semi-intensivo. As características de cada um podem ser observadas na Figura 7.

Itens	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde semi-intensivo	Telhado Verde intensivo
Manutenção	Baixo	Periodicamente	Alto
Irrigação	Não	Periodicamente	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas	Gramas, ervas e arbustos	Gramado, arbustos e árvores
Altura do Sistema	60 - 200 mm	120 - 150 mm	150 - 400 mm
Peso	60 - 150 kg/m <sup>2</sup>	120 - 200 kg/m <sup>2</sup>	180 - 500 kg/m <sup>2</sup>
Custos	Baixo	Médio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Projetado para ser um telhado verde	Parque igual a um jardim

Figura 7 – Quadro demonstrando as características dos tipos de telhado verde  
Fonte: IGRA (2011).

Nesse estudo foi utilizado o telhado semi-intensivo, onde a vegetação atinge porte médio para o cultivo da horta, necessitando o acesso ao público para sua manutenção e colheita. O sistema de aplicação e construção utilizado foi o Sistema Flat 17L do Instituto Cidade Jardim, que são bandejas leves feitas de Polietileno reciclado, que possuem um reservatório interno capaz de armazenar até 17L/m<sup>2</sup> de água como demonstrado na Figura 8.



Figura 8 - Detalhamento do sistema Flat 17L  
Fonte: Bianchi (2017).

A execução do telhado verde se dá por etapas. Após o reforço da laje, inicia-se o processo de impermeabilização utilizando a manta asfáltica com proteção anti-raiz em toda a superfície, deixando uma dobra nas bordas de 30 cm acima do nível da laje, evitando assim infiltrações e problemas diversos por conta das raízes e eventuais poças d'água que venha a ocorrer. Após a camada de regularização, executa-se o sistema de escoamento. A partir daqui a montagem dos módulos se dá início.

As bandejas são encaixadas em toda a extensão do telhado, por cima dessas acrescenta uma manta drenante com aplicação por rolos, tendo o cuidado de deixar uma sobreposição de 20 cm entre uma camada e outra do rolo, também com uma dobra nas bordas, 10 cm acima do nível do substrato.

Acima dessa camada é instalado o sistema de irrigação por gotejamento, que será utilizada para este fim a água de reaproveitamento das cisternas, que juntamente com uma bomba pressurizada de 10mca, envia água para saídas no nível do telhado. Para funcionamento de toda parte de automação e iluminação é necessário um ponto elétrico. Por cima das camadas já executadas o substrato é espalhado até cobrir toda área a ser cultivada, com exceção das bordas onde serão utilizados seixos com uma maior granulometria para evitar infiltrações. Todos os detalhes de como fica a sequência disposta das camadas utilizadas para telhado verde pode ser observado na Figura 9.

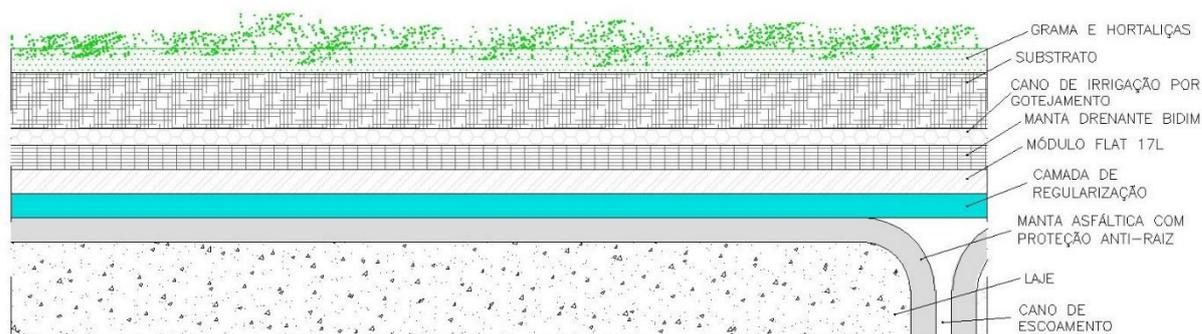


Figura 9 - Detalhamento da sequência disposta das camadas  
Fonte: Próprias autoras (2019).

O projeto abrange 14 canteiros de 6,7 x 1,6 m e um canteiro de 12,0 x 0,8 m na parte de maior área da laje. Além destes, ainda se faz disponível cinco vasos em cimento para o plantio dos tomates-cereja, pois necessitam de uma maior altura de substrato para suas raízes. Nos locais que não servirão de plantio para a horticultura foi distribuído placas de grama-esmeralda, escolhida por se tratar de uma grama macia e resistente ao pisoteio, além de se enraizar com maior facilidade. Sobre ela, foram distribuídos ainda alguns pisos drenantes de 0,45 x 0,45 m, como se pode observar pela Figura 10.



Figura 10 - Maquete eletrônica da disposição da horta nos canteiros  
Fonte: Próprias autoras (2019).

Foram sugeridas algumas ideias de decoração para o espaço, como a montagem de um pergolado sob um deck de madeira vazado com mesas para refeições e sofás de fibras

sintéticas, especiais para área externa, para que os clientes e funcionários desfrutem do espaço, além de mesas de quatro lugares com guarda-sol espalhados pela grama, como demonstrado nas Figuras 11 e 12.



Figura 11 - Maquete eletrônica do espaço de descanso e lazer  
Fonte: Próprias autoras (2019).

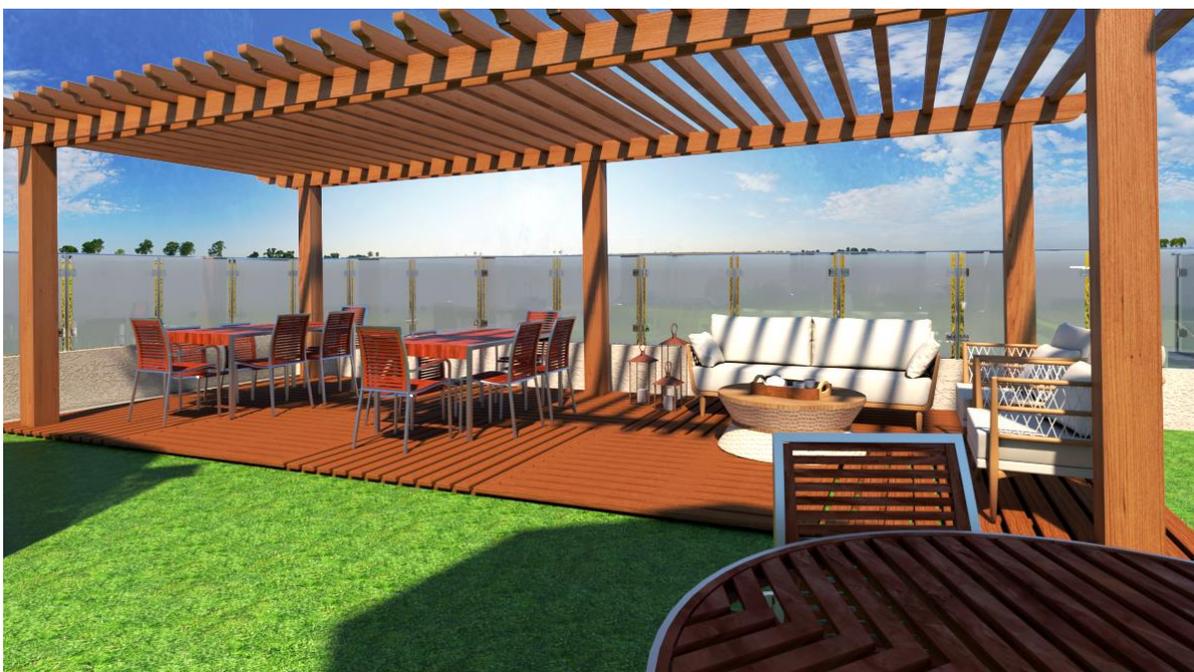


Figura 12 – Detalhe da decoração sugerida  
Fonte: Próprias autoras (2019).

## 2.5. Dimensionamento das Hortaliças

Os dados adotados para uso das hortaliças foram coletados no próprio estabelecimento, visando quantidade e espécies necessárias para o próprio consumo. Os dados quanto ao tempo de germinação e distância necessária para o plantio das mudas de cada espécie foram obtidos através do Catálogo Brasileiro de Hortaliças (SEBRAE, 2010) e pelo livro As Hortaliças e seu Cultivo (CAMARGO, 1992), respectivamente. Através dos cálculos necessários, pode-se constatar a quantidade necessária de mudas para plantação, a fim de suprir a demanda do estabelecimento, como apresentados na Figura 13.

Nome	Quantidade/semana	Tempo de Germinação	Quantidade
Alface	60 unidades	60 dias	480 pés
Cebolinha	30 maços (200g)	80 dias	330 pés
Coentro	30 maços (400g)	50 dias	210 pés
Couve	25 maços (400g)	80 dias	275 pés
Pimenta	Não informado	90 dias	125 pés
Rúcula	36 maços (300g)	40 dias	180 pés
Salsa	30 maços (200g)	60 dias	240 pés
Tomate Cereja	Não informado	100 dias	125 pés

Figura 13 - Quadro demonstrando dados das Hortaliças  
Fonte: Próprias autoras (2019)

## 3. Resultados e discussão

Os resultados da proposta de implantação do sistema estarão descritos neste item. Para estes resultados, será apresentado um quadro onde constam todas as exigências para a Certificação LEED que se foi planejado no projeto. Em seguida será apresentada uma tabela com todos os valores financeiros do sistema fazendo uma análise do custo de implantação do sistema proposto comparado ao custo do telhado tradicional já existente. Por fim, contará com uma explicação sobre como o empreendimento estará sendo favorecido economicamente pelo sistema.

### 3.1. Pontuação da Certificação LEED

Para verificação dos possíveis itens a serem pontuados, foi utilizado o catálogo 'LEED V4 para Projeto e Construção de Edifícios' (GBCB, 2014), para se chegar aos resultados observados na Figura 14. Após a verificação de quais itens poderiam ser atendidos, chegou-se a um somatório de 43 pontos, portanto de acordo com a forma de avaliação do LEED a edificação poderia ser classificada na categoria Padrão (Certified). Maiores detalhes sobre os itens pontuados podem ser vistos no anexo 1.



### LEED v4 for BD+C: Core and Shell

#### Checklist do Projeto

	S	?	N			
			N	Credi 1	Processo Integrado	0
				<b>Localização e Transporte</b>		<b>Pontos Possíveis: 3</b>
			N	Credit 1	Localização do LEED Neighborhood (Bairros)	0
	S			Credit 2	Proteção de áreas sensíveis	1
			N	Credit 3	Local de alta prioridade	0
			N	Credit 4	Densidade do entorno e usos diversos	0
	S			Credit 5	Acesso a transporte de qualidade	1
			N	Credit 6	Instalação para bicicletas	0
	S			Credit 7	Redução da área de projeção de estacionamentos	1
			N	Credit 8	Veículos Verdes	0
				<b>Terrenos Sustentáveis</b>		<b>Pontos Possíveis: 8</b>
	S			Prereq 1	Prevenção da Poluição na atividade da construção	Requisito
			N	Credit 1	Avaliação do Terreno	0
	S			Credit 2	Desenvolvimento do terreno - proteção ou restauração do habitat	2
	S			Credit 3	Espaço aberto	1
	S			Credit 4	Gestão de água pluvial	3
	S			Credit 5	Redução da Ilha de Calor	2
			N	Credit 6	Redução da Poluição luminosa	0
			N	Credit 7	Prevenção da Poluição na atividade da construção	0
				<b>Uso racional da Água</b>		<b>Pontos Possíveis: 6</b>
	S			Prereq 1	Redução de água do exterior	Requisito
	S			Prereq 2	Redução do uso da água do interior	Requisito
	S			Prereq 3	Medição de água do edifício	Requisito
	S			Credit 1	Redução do uso da água do exterior	2
	S			Credit 2	Redução do uso da água do interior	4
			N	Credit 3	Uso de água de torre de resfriamento	0
			N	Credit 4	Medição de água	0
				<b>Energia e Atmosfera</b>		<b>Pontos Possíveis: 10</b>
	S			Prereq 1	Comissionamento Fundamental e Verificação	Requisito
	S			Prereq 2	Desempenho mínimo de energia	Requisito
	S			Prereq 3	Medição de energia do edifício	Requisito
	S			Prereq 4	Gerenciamento fundamental de gases refrigerantes	Requisito
			N	Credit 1	Comissionamento Avançado	0
	S			Credit 2	Otimizar Desempenho Energético (economia de 20%)	9
	S			Credit 3	Medição de energia avançada	1
			N	Credit 4	Resposta a Demanda	0
			N	Credit 5	Produção de energia renovável	0
			N	Credit 6	Gerenciamento avançado de gases refrigerantes	0
			N	Credit 7	Energia verde e compensações de carbono	0
				<b>Materiais e Recursos</b>		<b>Pontos Possíveis: 5</b>
	S			Prereq 1	Deposito e coleta de materiais recicláveis	Requisito
	S			Prereq 2	Plano gerenciamento da construção e resíduos de demolição	Requisito

S			Credit 1	Redução do impacto do ciclo de vida do edifício	3
		N	Credit 2	Divulgação e otimização de prod. do edif. - Decl. ambientais de produto	0
		N	Credit 3	Divulgação e otimização de prod. do edif. - Origem de matérias-primas	0
		N	Credit 4	Divulgação e otimização de prod. do edif. - Ingredientes do material	0
S			Credit 5	Gerenciamento da construção e resíduos de demolição	2
				<b>Qualidade do ambiente interno</b>	Pontos Possíveis: <b>6</b>
S			Prereq 1	Desempenho Mínimo da Qualidade do ar interior	Requisito
S			Prereq 2	Controle Ambiental da Fumaça de tabaco	Requisito
		N	Credit 1	Estratégias Avançadas de qualidade do ar interior	0
		N	Credit 2	Materiais de baixa emissão	0
		N	Credit 3	Plano gerenciamento da qualidade do ar interior na construção	0
S			Credit 4	Conforto térmico	1
S			Credit 5	Luz Natural	3
S			Credit 6	Vistas de Qualidade	1
S			Credit 7	Desempenho acústico	1
				<b>Inovação</b>	Pontos Possíveis: <b>1</b>
S			Credit 1	Inovação	1
		N	Credit 2	Profissional Acreditado	0
				<b>Prioridade Regional</b>	Pontos Possíveis: <b>4</b>
S			Credit 1	Prioridade Regional - Adequação da Acessibilidade Externa e Interna	1
S			Credit 2	Prioridade Regional - Plano do impacto ambiental do empreendimento	1
S			Credit 3	Prioridade Regional - Redução do consumo de água	1
		N	Credit 4	Prioridade Regional - Aquecimento solar	0
S			Credit 5	Prioridade Regional - Gestão de Resíduos da Construção	1
		N	Credit 6	Prioridade Regional - Reuso dos Materiais	0
				<b>Total</b>	Pontos Possíveis: <b>43</b>
Certified 40 to 49 points   Silver 50 to 59 points   Gold 60 to 79 points   Platinum 80 to 110					

Figura 14 - Quadro demonstrando pontuação segundo a Certificação LEED  
Fonte: GBCB (2014).

### 3.2. Custo total do sistema e análise comparativa dos sistemas de cobertura

Para a elaboração da análise comparativa dos sistemas de cobertura foi feito um levantamento do custo total para construção do telhado convencional já existente no local, e para o telhado verde, utilizou-se como referência o sistema construtivo descrito no item 2.4, com três camadas distintas de telhado verde aplicado sobre a laje reforçada e impermeabilizada. Foi considerado apenas o custo da cobertura dos sistemas, sem analisar o impacto e o custo do restante da edificação.

Foi utilizado como base para levantamento dos custos o Software Gerador de Preço.Brasil, da Ingenieros S.A. O referido programa foi escolhido tendo em vista a abrangência de todas as etapas de construção dos sistemas tradicionais de cobertura,

informando, ainda, a composição de mão de obra e quantitativo de materiais por m<sup>2</sup>. Quanto aos materiais específicos do telhado verde, foi realizado o levantamento de custos junto aos fornecedores dos produtos, listado na Figura 15.

O sistema estrutural para suportar o telhado verde é composto de laje maciça de concreto armado com  $F_{ck}$  de 30MPa, com altura de 18 cm e inclinação de 2%. Foi considerada uma impermeabilização de manta asfáltica com proteção anti-raiz, protegida com uma camada de regularização de argamassa.

Material	Preço Unitário	Unidade	Quantidade	Preço Total
Reforço da Laje	R\$ 32,44	m <sup>2</sup>	492,73m <sup>2</sup>	R\$ 15.984,16
Sistema Cisterna	R\$ 10.881,00	10 m <sup>3</sup>	1 und.	R\$ 10.881,00
Sistema Cisterna	R\$ 6.389,99	5 m <sup>3</sup>	1 und.	R\$ 6.389,99
Bomba	R\$ 1.015,00	Unidade	1 und.	R\$ 1.015,00
Calha 150 mm	R\$ 29,41	m (linear)	17 m	R\$ 500,00
Calha 200 mm	R\$ 29,41	m (linear)	17 m	R\$ 500,00
Manta Asfáltica Anti-Raiz	R\$ 239,90	Rolos (1x10m)	54 und.	R\$ 12.954,60
Conjunto Automatizado para irrigação	R\$ 21.682,32	Unidade	1 und.	R\$ 21.682,32
Módulos de revestimento vivo sistema flat 17l	R\$ 16,60	Unidade	2000 und.	R\$ 33.200,00
Placas de grama esmeralda	R\$ 5,00	m <sup>2</sup>	250 m <sup>2</sup>	R\$ 1.250,00
Filtro de Drenagem para flat	R\$ 8,00	m <sup>2</sup>	535 m <sup>2</sup>	R\$ 4.280,00
Substrato	R\$ 18,00	Pacotes (20kg)	1560 pct.	R\$ 28.080,00
Seixos Brancos	R\$ 75,00	Sacos 25kg (3 und. por m <sup>2</sup> )	21 m <sup>2</sup>	R\$ 1.575,00
Pisos drenantes 40x40cm	R\$ 45,00	m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>	R\$ 810,00
Guarda Corpo	R\$ 390,97	m(linear)	90,8 m	R\$ 35.500,00
Pastilhas de cloro	R\$ 40,00	Pacote (1kg)	1 und.	R\$ 40,00
Instalação	R\$ 65,00	m <sup>2</sup>	486,33 m <sup>2</sup>	R\$ 31.611,45
Total				R\$ 206.253,52

Figura 15 - Quadro demonstrando custo total do telhado verde  
Fonte: Próprias autoras (2019).

O próximo sistema analisado é um telhado de quatro águas do tipo colonial, composto de laje de concreto armado com espessura total de 12 cm, e concreto com  $F_{ck}$  de 30MPa. Sobre a laje, estruturas de madeira serrada dimensionada para suportar telhas cerâmicas do tipo romana. A área de cobertura é de 523,25 m<sup>2</sup> computando os beirais de 40 cm. A Figura 16 apresenta o resumo da composição desses custos por m<sup>2</sup> ou m lineares com os valores de mão de obra incluídos nesses.

Sistema	Unidade	Custo/unid.	Quantidade	Custo total
Laje maciça	m <sup>2</sup>	R\$ 193,13	492,73 m <sup>2</sup>	R\$ 95.160,95
Estrutura de madeira	m <sup>2</sup>	R\$ 69,19	523,25 m <sup>2</sup>	R\$ 36.203,67
Telha cerâmica romana	m <sup>2</sup>	R\$ 123,65	523,25 m <sup>2</sup>	R\$ 64.699,86
Beiral de 40cm	m	R\$ 145,82	90 m	R\$ 12.853,80
Cumeeira e espigão	m	R\$ 66,52	50,82 m	R\$ 3.380,55
Custo Total do sistema				R\$ 212.298,83

Figura 16 - Quadro demonstrando custo total do Sistema de cobertura com telhas romanas  
Fonte: Próprias autoras (2019).

Fazendo-se uma comparação direta entre os valores obtidos em cada uma das coberturas percebe-se que o valor do telhado verde tem um preço equiparável ao telhado convencional, mesmo com as adições de alguns sistemas feitos por conta das exigências para o LEED, como a adição de cisternas para o reaproveitamento de águas pluviais, por exemplo.

Porém, é preciso deixar claro que nesse estudo foi adotado, desde o princípio, laje maciça de concreto armado, já que foi previsto apenas o reforço desta. Enquanto, usualmente, o sistema mais utilizado para lajes suportadas por telhados de telhas cerâmicas é a laje pré-moldada, constituída de lajotas de cerâmica ou placas de EPS (isopor). Caso fosse necessária a construção de uma nova laje, o valor do telhado verde aumentaria consideravelmente, devido ao elevado preço do concreto armado, subindo o valor de reforço da laje de R\$ 15.984,16 para R\$111.145,11.

Outro fator que encarece o telhado verde é o sistema de módulos utilizado, pois, se fosse usado o sistema tradicional, onde o substrato e demais camadas de mantas necessárias são aplicadas diretamente sobre a laje impermeabilizada, o sistema sairia ainda mais econômico. Entretanto, é preciso enfatizar que o sistema de retenção de água dos módulos, apesar de apresentar um custo superior, auxilia na manutenção dos telhados, principalmente em épocas de seca, devido à reserva de água reduzindo a necessidade de rega, e ainda é um reforço a mais para a proteção da laje contra infiltrações, reduzindo custos com manutenção e aumentando a vida útil da cobertura.

### 3.3. Dimensionamento do reservatório

Os dados pluviométricos utilizados para o cálculo do dimensionamento do reservatório foram obtidos pelo site do INMET, aferidos na estação meteorológica no município de Rio Verde (INMET, 2017). Foi feito uma média mensal a partir de uma série de dados de 20 anos, de 1996 a 2017, para se ter maior precisão de resultado. A Figura 17 ilustra os valores de precipitação média mensal durante este intervalo de tempo.

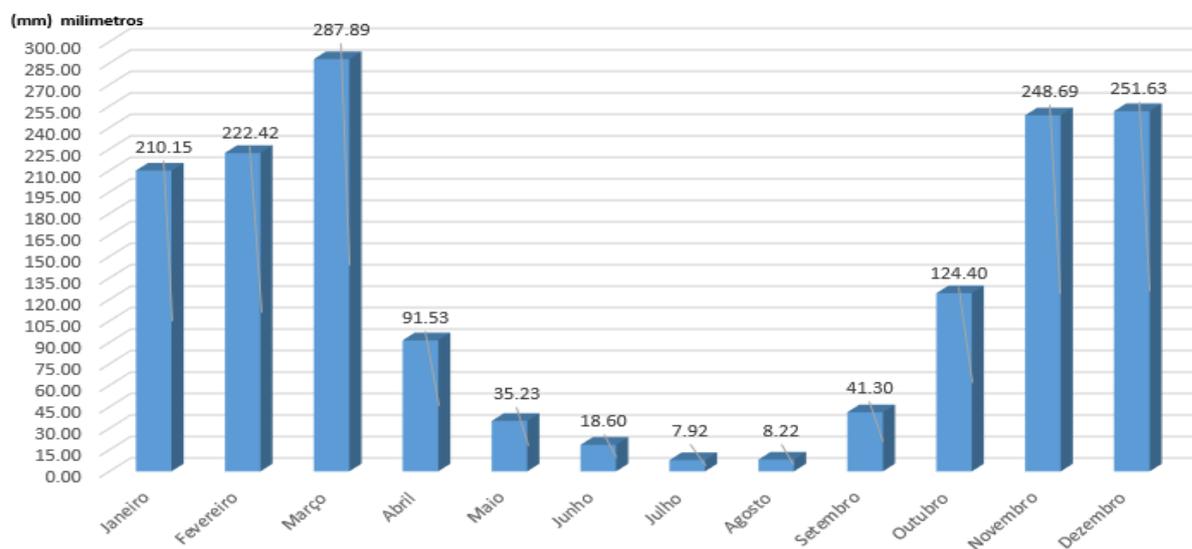


Figura 17 - Média mensal de precipitação do período de 1996-2017.  
Fonte: INMET (2017).

Segundo essa média, seriam captados um total aproximado de 1548 mm de chuva anualmente. Também foi considerado o período de 5 meses de poucas chuvas (maio a agosto). Sendo assim, precisa-se de um reservatório de 5.000L e 10.000L para cada lado da laje, valores esses já contabilizados para a quantidade de água que será captada pelos módulos. Os dados e resultados das equações apresentadas no item 2.3 estão descritos na Figura 18.

	Equação	Área 1	Área 2	Resultados
Área de contribuição	$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$	a = 10,40 m h = 0,2 m b = 16,90 m	a = 18,05 m h = 0,36 m b = 18,55 m	A <sub>1</sub> = 177,45 m <sup>2</sup> e A <sub>2</sub> = 338,17 m <sup>2</sup>
Dimensionamento de condutores na calha	$Q = \frac{l \times A}{60} \times 1,2$	l = 178 mm/h A = 177,45 m <sup>2</sup>	l = 178 mm/h A = 177,45 m <sup>2</sup>	Calha <sub>1</sub> = 150 mm e Calha <sub>2</sub> = 200 mm
Dimensionamento dos reservatórios	$V = 0,042 \times P \times A \times T$	P = 1548 mm A = 177,45 m <sup>2</sup> T = 5 meses	P = 1548 mm A = 338,17 m <sup>2</sup> T = 5 meses	V <sub>1</sub> = 5 m <sup>3</sup> e V <sub>2</sub> = 10 m <sup>3</sup>

Figura 18 – Quadro do dimensionamento da captação das águas pluviais  
Fonte: Próprias autoras (2019).

Segundo o estudo de Basso (2013) sobre coberturas verdes como sistema de reaproveitamento da água da chuva, as camadas do telhado verde são capazes de filtrar impurezas das águas pluviais, as deixando propícias para serem reutilizadas em fins não potáveis, em conformidade com a NBR 7211 (ABNT, 1997). Todavia, a água pode apresentar coloração amarelada, a qual pode gerar certo incômodo aos usuários. Visando solucionar este problema, Basso (2013) recomenda que a água seja tratada com 2,5% de hipocloreto de sódio, razão pela qual seriam utilizadas pastilhas de cloro dentro do filtro das cisternas, as quais resultariam em coloração límpida.

#### 3.4. Estimativas do retorno de investimento

Uma das finalidades do telhado verde proposto nesse artigo seria para a produção de alimento no próprio empreendimento. Utilizando dos valores de demanda semanal apresentados na Figura 9 do item 2.5, foi feito um levantamento com o contribuinte dos preços por peça das hortaliças utilizadas, onde a soma do custo semanal de cada espécie e o custo total das mesmas pode ser vista na Figura 19, abaixo.

Hortaliça	Uni/Peso	Custo por Uni/Peso	Demanda semanal	Custo semanal
Alface	Unidade	R\$ 1,59	60	R\$ 95,40
Cheiro-Verde	Maço (400g)	R\$ 1,99	30	R\$ 59,70
Coentro	Maço (400g)	R\$ 1,99	30	R\$ 59,70
Couve	Maço (400g)	R\$ 3,49	25	R\$ 87,25
Rúcula	Maço (300g)	R\$ 3,49	36	R\$ 125,64
Tomate-cereja	Caixa (250g)	R\$ 4,49	15	R\$ 67,35
Total				R\$ 495,04

Figura 19 - Quadro demonstrando custo semanal na compra de hortaliças  
Fonte: Próprias autoras (2019).

Com isso, chega-se a uma estimativa que a economia anual (período que compreende 52 semanas, aproximadamente) gerada ao estabelecimento, pelo mesmo cultivar suas próprias hortaliças, giraria em torno de R\$ 25.742,08, não contabilizando possíveis gastos que teriam com a manutenção da mesma. Além da economia financeira, esse sistema também seria benéfico na conscientização ambiental, visto que não haveria mais desperdícios das verduras que não foram utilizadas naquela semana, pois eles só precisariam colher o que fossem usar na hora, chegando ao cliente a hortaliça muito mais fresca, sem uso de agrotóxicos ou qualquer outro tipo de produto que possa vir a causar algum dano a saúde dos consumidores.

Ainda visando à sustentabilidade do empreendimento, outra iniciativa ambiental, que poderia promover ainda mais pontos para a certificação LEED e que não foi apresentada na proposta, seria a utilização de composteiras, podendo ser automáticas ou em forma de minhocário, para o reaproveitamento do lixo orgânico como adubo para a plantação, assim, contribuindo com a redução de resíduos sólidos e a diminuição da emissão de gases do efeito estufa.

Outros benefícios que a cobertura verde traria ao estabelecimento seria a economia de água por meio da coleta das águas pluviais, conforme descrito no item 3.3, e a melhoria no conforto termo-acústico, responsável pela redução da temperatura interna do ambiente, reduzindo, por conseguinte, o consumo de energia gerada pelo uso do ar-condicionado, que, segundo pesquisa do arquiteto alemão Jörg Spangenberg (2009 apud SAVI 2012), “estima-se que [...] a redução da carga térmica para o condicionador de ar seja de aproximadamente 240 kWh/m<sup>2</sup>”.

Porém, como o projeto se destina a um ambiente comercial, com grande variação de fluxo de pessoas/dia, não foi possível obter a demanda de água utilizada especificamente nas tarefas a que se destina o seu reaproveitamento, nem a energia gasta com o uso dos refrigeradores de ambiente, pois os equipamentos utilizados no local são antigos, não sendo mais encontrados no mercado, de forma que os dados são insuficientes para o cálculo da estimativa de economia que poderia ser gerada pelo telhado verde nesse empreendimento.

Uma opção para saber qual seria a economia de água obtida com o sistema, seria alocar um hidrômetro de água fria na saída do reservatório para controlar o fluxo de água utilizada, e no final do mês, aferir o equipamento retirando o volume por metro cúbico utilizado e multiplicando pelo preço do metro cúbico da concessionária. O tempo necessário para o retorno do investimento realizado irá depender do fator “chuva”, já que há meses que ocorrem chuvas com mais frequência e outros que são mais escassos.

O desempenho térmico dos telhados verdes varia de acordo com sua composição, como nível de substrato, cobertura vegetal, e influencias ambientais externas. Alguns experimentos feitos pelo mundo já comprovaram a eficiência térmica do telhado verde em relação aos telhados tradicionais, como o estudo realizado por Vecchia (2005), descrito anteriormente na introdução, onde se estima uma redução de temperatura superior a 7°C para uma edificação contendo telhado verde leve (extensivo), enquanto outros tipos tradicionais de telhados utilizados no Brasil transformam a energia solar incidente em calor para dentro do ambiente.

Tendo em vista que o presente projeto se refere a um telhado semi-intensivo, o qual utiliza uma camada de substrato consideravelmente maior do que a utilizada no telhado verde leve (objeto do estudo de Vecchia), pode-se considerar uma estimativa ainda maior de economia energética.

#### 4. Conclusões

Visto que, atualmente é de fundamental importância a adoção de ações que recuperem o equilíbrio do meio nos grandes centros urbanos, a aplicação de telhados verdes é um dos recursos que minimiza grandemente os impactos ambientais, auxiliando na retenção das águas pluviais como forma de prevenção das enchentes, podendo ser reutilizada para outros fins; na economia de energia gerada pós construção devido à redução da temperatura do ambiente; e ainda traz os benefícios psicológicos e sociais ao usuário pela aproximação do homem com a natureza.

Embora a solução apresentada neste estudo possa parecer inacessível pelo alto custo inicial, seus benefícios favorecem tanto ao usuário quanto ao ambiente ao seu redor e justificam o investimento se analisado junto ao ciclo de vida da cobertura, um contraponto importante quando quer se falar de tecnologias que substituam os telhados convencionais com a mesma ou menor manutenção exigida para esses.

Quanto à certificação LEED, no Brasil ainda tem algumas limitações devido aos avanços do país ainda não serem suficientes para atender certas demandas, como a de transportes públicos decentes ou locais com acessibilidade total. Mudanças em hábitos e costumes são necessários, pois a implantação de toda essa tecnologia precisa também da evolução dos seus utilizadores. Incentivos financeiros, como desconto no IPTU já foram propostos em 11 cidades no Brasil, porém nenhum foi realizado.

#### Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. NBR 10844 -**Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.



ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. NBR 15527 - **Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. NBR 6118 - **Projetos de estrutura de concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. NBR 7211: 13969/97 – **Tanques sépticos** – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 2007.

ARAÚJO, S. R. de. **As funções dos telhados verdes no meio urbano, na gestão e no planejamento de recursos hídricos**. 2007. 21 f. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica, RJ, p. 03, 2007.

BASSO, A. **Cobertura Verde Como Sistema De Reaproveitamento De Água Da Chuva E Águas Servidas**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade tecnológica federal do paraná. Pato Branco, PR, 2013.

BIANCHI, R. **Telhado verde**: como montar o seu usando sistemas prontos. Arquitetura e Construção. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <<https://arquiteturaeconstrucao.abril.com.br/sustentabilidade/como-montar-o-seu-telhado-verde-usando-sistemas-prontos/>>

BONI, F. **Telhado Verde**: uma opção sustentável? 2030 Studio. 2015. Disponível em: <<http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>>

CAMARGO, L. de S. **As hortaliças e seu cultivo**. 3ª ed., revista e atualizada. Fundação Cargill, Campinas, 1992. vii, 252p. il. 21 cm.

CANERO, R. F. e REDONDO, P. G. **Green Roof as a Habitat for Birds**: A Review. Journal of Animal and Veterinay Advances, n. 15, p. 2041-2052. 2010.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Banco de Dados**. 2013. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home/>>

COELHO, L. **Certificação Ambiental**. Revista Téchné, ed. 155, fev. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/155/carimbo-verde-287728-1.aspx>>

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

FEIJÓ, C. S. **Telhados verdes são relevantes para certificação de construções sustentáveis?** Ecotelhado - Design Biofílico. 2011. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/telhados-verdes-sao-relevantes-para-certificacao-de-construcoes-sustentaveis/>>



FELISBINO, Mercado. **Hortifruti**. Gaspar, SC, 2018. Disponível em: <<http://www.mercadofelisbino.com.br/categoria/149/1/hortifruti>>

GARRIDO NETO, P. de S. **Telhados Verdes Associados com Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva**: Projeto de Dois Protótipos para Futuros Estudos Sobre Esta Técnica Compensatória em Drenagem Urbana e Prática Sustentável na Construção Civil. 2012. 168p.. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p. 03-04, 2012.

GBC BRASIL. Green Building Council Brasil. **LEED BD+C**. 2014. Disponível em:<<http://www.gbcbrazil.org.br/leed-BDC.php>>

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBCBrasil). **Certificação LEED**. 2014. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>>

GOUVEIA, L. V. de. **Teto Verde**: Uma proposta ecológica e de melhoria do conforto ambiental a partir do uso de coberturas vegetais nas edificações. Departamento de Artes. PUC – Rio. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

HAMZE, D. **Certificação LEED no Brasil**. Tem sustentável. 2016. Disponível em: <<http://www.temsustentavel.com.br/certificacao-leed-no-brasil/>>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>

LICHTENBERG, R. A. **Telhado Verde**. Engenharia Civil e Meio Ambiente. 2011. Disponível em: <<http://engcivilma.blogspot.com/2011/11/verde-e-uma-solucao-eficaz-para.html>>

MENDES, B, E. **Tetos verdes e políticas públicas: uma abordagem multifacetada**. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na Universidade de São Paulo. São Paulo - SP, 2014.

QUALIVER. **Da horta**. 2017. Disponível em: <<http://qualiver.com.br/horta>>

SAVI, A, C. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. Monografia de especialização (curso de especialização em construções sustentáveis II) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2012.

SEBRAE. **Catálogo Brasileiro de Hortaliças**: Saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no País. 2010. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/horticultura>>

SCARDA, F. **O que dá para colher em um telhado verde?** Instituto Cidade Jardim. 2016. Disponível em: <<http://blog.institutocidadejardim.com.br/2016/08/04/o-que-da-para-colher-em-um-telhado-verde/>>



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

VECCHIA, F. **Cobertura Verde Leve (CVL): Ensaio Experimental.** In: Encontro nacional sobre conforto no ambiente construído/ Encontro latino-americano sobre conforto no ambiente construído - ENCA/ELACAC. Maceió - Alagoas. 2005, p. 2154. Disponível em:  
<[http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121\\_cobertura\\_verde\\_leve\\_ensaio\\_experimental.pdf](http://www.eesc.usp.br/shs/attachments/121_cobertura_verde_leve_ensaio_experimental.pdf)>

WWF, Brasil. World Wide Fund For Nature. **Planeta Vivo Relatório 2010:** Biodiversidade, biocapacidade e desenvolvimento. Brasília, DF, 2010. 122 p.

TRAVELERMAP. **Mausoléu de Augusto em Roma, Itália.** 2015. Disponível em  
<<http://travelermap.ru/mavzolej-avgusta-v-rime-italiya/>>

## ANEXO 1

Detalhes sobre os possíveis itens a serem pontuados na certificação LEED. Todas as informações contidas nesse foram retiradas do catálogo 'LEED V4 para Projeto e Construção de Edifícios' (GBCB, 2014).

### LOCALIZAÇÃO E TRANSPORTE (LT)

#### Crédito LT: Proteção de áreas sensíveis

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Evitar empreendimentos em terrenos ambientalmente sensíveis (planícies alagáveis, corpos d'água, habitat de espécies listadas como ameaçadas de extinção) e reduzir o impacto ambiental do local de um edifício em um terreno.

#### Crédito LT: Acesso a transporte de qualidade

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 5 pontos)

Objetivo: Incentivar empreendimentos em locais que demonstrem ter opções de transporte multimodal ou uso reduzido de veículos motorizados, reduzindo, portanto, as emissões de gases do efeito estufa, a poluição atmosférica e outros prejuízos ambientais e à saúde pública associados ao uso de veículos motorizados. Entradas funcionais do projeto a uma distância de caminhada de 400 metros de pontos planejados ou existentes de ônibus ou outro transporte coletivo.

Quadro 1 - Serviço de transporte diário mínimo para projetos com diversos tipos de transporte (ônibus, bonde, trem ou balsa)

Viagens em dias úteis	Viagens em fins de semana	Pontos BD&C
72	40	1
144	108	3
360	216	5

Fonte: GBCB (2014).

#### Crédito LT: Redução da área de projeção do estacionamento

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Minimizar os prejuízos ambientais associados a instalações de estacionamento, incluindo dependência de automóveis, consumo de terreno e escoamento superficial de água da chuva.

## **TERRENOS SUSTENTÁVEIS (SS)**

### **Pré-requisito SS: Prevenção da poluição na atividade da construção**

Objetivo: Reduzir a poluição das atividades de construção controlando a erosão do solo, a sedimentação de hidrovias e a poeira suspensa no ar.

### **Crédito SS: Desenvolvimento do terreno - proteção ou restauração do habitat**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 2 pontos)

Objetivo: Preservar as áreas naturais existentes e restaurar áreas danificadas para proporcionar habitat e promover a biodiversidade. Usando vegetação nativa ou adaptada, restaure 30% (incluindo a área de projeção do edifício) de todas as partes do terreno identificadas como previamente alteradas. Projetos com uma densidade de 1,5 de coeficiente de aproveitamento podem incluir superfícies de telhado com vegetação neste cálculo se as plantas forem nativas ou adaptadas, proporcionarem habitat e promoverem biodiversidade.

### **Crédito SS: Espaço aberto**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Criar espaço aberto externo que incentive a interação com o ambiente, interação social, recreação passiva e atividades físicas. Forneça espaço externo superior ou igual a 30% da área total do terreno (incluindo a área de projeção do edifício). No mínimo 25% desse espaço externo deve ter vegetação (gramado não conta como vegetação) ou cobertura vegetal aérea.

### **Crédito SS: Gestão de águas pluviais**

Este crédito se aplica a Nova Construção (2 a 3 pontos)

Objetivo: Reduzir o volume de escoamento superficial e melhorar a qualidade da água replicando a hidrologia natural e o balanço hídrico do terreno, com base em condições históricas e ecossistemas não desenvolvidos na região.

Percentil 98 (3 pontos exceto Unidades de Saúde): gerencie no local o escoamento superficial do terreno desenvolvido do percentil 98 de eventos pluviométricos regionais ou locais utilizando desenvolvimento de baixo impacto (low-impact development - LID) e infraestrutura verde.

### **Crédito SS: Redução de ilhas de calor**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 2 pontos)

Objetivo: Minimizar os efeitos em microclimas e habitats de seres humanos e vida animal reduzindo ilhas de calor.

Instale um telhado com vegetação (2 pontos exceto Unidades de Saúde).

## **USO RACIONAL DA ÁGUA (WE)**

### **Pré-requisito WE: Redução do uso de água do exterior**

#### **Crédito WE: Redução do uso de água exterior**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 2 pontos)

Objetivo: Reduzir o consumo de água externo. Utilizar paisagismo que não requer um sistema de irrigação permanente. As reduções devem ser obtidas com a seleção de espécies de plantas e eficiência do sistema de irrigação (hortas podem ser incluídos ou excluídos dos cálculos de área de paisagismo).

### **Pré-requisito WE: Redução do uso de água do interior**

#### **Crédito WE: Redução do uso de água do interior**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 6 pontos)

Objetivo: Reduzir o consumo de água do interior. Todos os novos vasos sanitários, mictórios, torneiras de pia privativas e chuveiros instalados elegíveis para rotulagem devem ser rotulados com WaterSense (ou selo equivalente local para projetos fora dos EUA).

Quadro 2 - Pontos por reduzir o uso de água

Porcentagem de redução	Pontos (BD&C)
25%	1
30%	2
35%	3
40%	4
45%	5
50%	6

Fonte: GBCB (2014).

### **Pré-Requisito WE: Medição de água do edifício**

Objetivo: Apoiar a gestão da água e identificar oportunidades de economias adicionais de água rastreando o consumo de água. Instale hidrômetros permanentes que meçam o uso total de água potável para o edifício e os terrenos associados. Os dados dos hidrômetros devem

ser compilados em resumos mensais e anuais. As leituras dos hidrômetros podem ser manuais ou automatizadas.

## **ENERGIA E ATMOSFERA (EA)**

### **Pré-requisito EA: Comissionamento fundamental e verificação**

Objetivo: Apoiar o projeto, construção e operação de um projeto que atenda aos requisitos de projeto do proprietário de energia, água, qualidade do ambiente interno e durabilidade.

### **Pré-requisito EA: Desempenho mínimo de energia**

Objetivo: Reduzir os prejuízos ambientais e econômicos do uso excessivo de energia alcançando um nível mínimo de eficiência energética para o edifício e seus sistemas. Os projetos devem atender às porcentagens mínimas de economia (5% para novas construções e 3% para grandes reformas) antes de obter créditos para sistemas de energia renovável.

### **Pré-requisito EA: Medição de energia do edifício**

Objetivo: Apoiar a gestão de energia e identificar oportunidades de economias adicionais de energia rastreando o uso de energia no nível do edifício. Instale medidores de energia que possam ser agregados para fornecer dados do nível do edifício que representem o consumo total de energia do edifício (eletricidade, gás natural, água refrigerada, vapor, óleo combustível, propano, biomassa, etc.). Medidores de concessionárias de serviços públicos capazes de agregar o uso de recursos no nível do edifício são aceitáveis.

### **Pré-requisito EA: Gerenciamento fundamental de gases refrigerantes**

Objetivo: Reduzir o esgotamento do ozônio estratosférico. Não use refrigerantes à base de clorofluorcarbono (CFC) em novos sistemas de aquecimento, ventilação, ar-condicionado e refrigeração (AVAC&R). Ao reutilizar equipamentos de AVAC&R existentes, termine uma conversão abrangente de substituição de CFC antes da conclusão do projeto.

### **Crédito EA: Otimizar desempenho energético**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 18 pontos)

Objetivo: Alcançar níveis crescentes de desempenho energético além da norma do pré-requisito para reduzir os prejuízos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia.

Quadro 3 - Pontos por melhoria percentual em desempenho energético

Grande reforma	Pontos
4%	1
6%	2
8%	3
10%	4
12%	5
14%	6
16%	7
18%	8
20%	9
22%	10
24%	11
27%	12
30%	13
33%	14
36%	15
40%	16
44%	17
48%	18

Fonte: GBCB (2014).

### **Crédito EA: Medição de energia avançada**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Apoiar a gestão de energia e identificar oportunidades de economias adicionais de energia rastreando o uso de energia no edifício e nos sistemas.

Instale medição avançada de energia para o seguinte:

- Todas as fontes de energia do edifício usadas pelo edifício;
- Qualquer uso final individual de energia que represente 10% ou mais do consumo anual do edifício.

A medição avançada de energia deve ter as seguintes características:

- Os medidores devem ser instalados de forma permanente, registrar em intervalos de uma hora ou menos e transmitir dados para um local remoto.
- Medidores de eletricidade devem registrar o consumo e a demanda. Medidores de eletricidade de todo o edifício devem registrar o fator de potência, se adequado.
- O sistema de coleta de dados deve usar uma rede local, sistema de automação predial, rede sem fio ou infraestrutura de comunicação comparável.

- O sistema deve ser capaz de armazenar todos os dados de medição por pelo menos 36 meses.
- Deve ser possível acessar os dados remotamente.
- Todos os medidores no sistema devem ser capazes gerar relatórios horários, diários, mensais e anuais do uso de energia.

## **MATERIAIS E RECURSOS (MR)**

### **Pré-requisito MR: Depósito e coleta de materiais recicláveis**

Objetivo: Reduzir os resíduos gerados por ocupantes de edifícios e transportados e descartados em aterros sanitários. Forneça áreas dedicadas acessíveis a transportadores de resíduos e ocupantes do edifício para a coleta e armazenamento de materiais recicláveis para todo o edifício. As áreas de coleta e armazenamento devem ser separadas.

### **Pré-requisito MR: Plano de gerenciamento da construção e resíduos de demolição**

Objetivo: Reduzir os resíduos de construção e demolição descartados em aterros sanitários ou instalações de incineração recuperando, reutilizando e reciclando materiais.

Desenvolva e implemente um plano de gestão de resíduos de construção e demolição estabelecendo metas de reaproveitamento de resíduos para o projeto identificando pelo menos cinco materiais (estruturais e não estruturais) para reaproveitamento. Especifique se os materiais serão separados ou misturados e descreva as estratégias de reaproveitamento planejadas para o projeto. Descreva onde o material será obtido e como a instalação de reciclagem processará o material.

### **Crédito MR: Redução do impacto do ciclo de vida do edifício**

Este crédito se aplica a Nova Construção (2 a 5 pontos)

Objetivo: Incentivar o reuso adaptável e otimizar o desempenho ambiental de produtos e materiais.

Opção 4 - Avaliação do ciclo de vida de todo o edifício (3 pontos): Para novas construções (edifícios ou partes de edifícios), realize uma avaliação do ciclo de vida da estrutura e do recinto do projeto que demonstre uma redução de no mínimo 10%, em comparação com um edifício baseline, em pelo menos três das seis categorias de impacto listadas abaixo, uma das quais deve ser o potencial de aquecimento global.

- potencial de aquecimento global (gases do efeito estufa), em CO<sub>2</sub>e;
- destruição da camada de ozônio estratosférico, em kg CFC-11;
- acidificação da terra e fontes de água, em mols de H<sup>+</sup> ou kg SO<sub>2</sub>;

- eutrofização, em kg de nitrogênio ou kg de fosfato;
- formação de ozônio troposférico, em kg de NOx, kg de O3 ou kg de etileno; e
- destruição de recursos de energia não renovável, em MJ.

### **Crédito MR: Gerenciamento da construção e resíduos de demolição**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 2 pontos)

Objetivo: Reduzir os resíduos de construção e demolição descartados em aterros sanitários ou instalações de incineração recuperando, reutilizando e reciclando materiais.

Opção 2 - Redução do total de material descartado (2 pontos): Não gere mais que 12,2 kg de resíduos por metro quadrado da área de piso do edifício.

### **QUALIDADE DO AMBIENTE INTERNO (EQ)**

#### **Pré-requisito EQ: Desempenho mínimo da qualidade do ar interior**

Objetivo: Contribuir para o conforto e bem-estar dos ocupantes do edifício estabelecendo padrões mínimos para a qualidade do ar interior (desempenho energético, ambiente térmico, iluminação e acústica).

#### **Pré-requisito EQ: Controle ambiental da fumaça de tabaco**

Objetivo: Evitar ou minimizar a exposição de ocupantes do edifício, superfícies internas e sistemas de distribuição do ar de ventilação à fumaça ambiental do tabaco.

Proíba o fumo dentro do edifício e fora do edifício, exceto em áreas designadas localizadas a pelo menos 7,5 metros de todas as entradas, entradas de ar externo e janelas operáveis.

#### **Crédito EQ: Conforto térmico**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Promover a produtividade, o conforto e o bem-estar dos ocupantes proporcionando conforto térmico de qualidade.

#### **Crédito EQ: Luz Natural**

Este crédito se aplica a Nova Construção (3 pontos)

Objetivo: Conectar os ocupantes do edifício à área externa, reforçar os ritmos circadianos e reduzir o uso de iluminação elétrica introduzindo luz natural no espaço.

#### **Crédito EQ: Vistas de qualidade**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Fornecer aos ocupantes do edifício uma conexão ao ambiente externo natural oferecendo vistas de qualidade.

### **Crédito EQ: Desempenho acústico**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 ponto)

Objetivo: Fornecer espaços de trabalho e salas de aula que promovam o bem-estar, a produtividade e as comunicações dos ocupantes por meio de um projeto acústico eficaz.

## **INOVAÇÃO (IN)**

### **Crédito IN: Inovação**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 5 pontos)

Objetivo: Incentivar projetos a alcançar desempenho excepcional ou inovador.

Desempenho exemplar (1 a 2 pontos): Alcance desempenho exemplar em um pré-requisito ou crédito LEED v4 existente que permita ter desempenho exemplar, conforme especificado no Guia de Referência LEED (LEED Reference Guide), edição v4. Em geral, um ponto de desempenho exemplar é concedido por obter o dobro dos requisitos do crédito ou alcançar a próxima porcentagem do limiar incremental.

## **PRIORIDADE REGIONAL (RP)**

### **Crédito RP: Prioridade Regional**

Este crédito se aplica a Nova Construção (1 a 4 pontos)

Objetivo: Oferecer um incentivo para a obtenção de créditos que abordem prioridades ambientais, de igualdade social e de saúde pública geograficamente específicas.

Obtenha até quatro dos seis créditos de Prioridade Regional:

- Adequação da Acessibilidade Externa e Interna;
- Plano do impacto ambiental do empreendimento;
- Redução do consumo de água;
- Aquecimento solar (redução de 50% ou 100% do consumo);
- Gestão de Resíduos da Construção (Limitar o desperdício em no máximo 10 % em massa ou volume);
- Reuso dos materiais (projetar para o desmonte).