

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

DAIANE BERTOLDI

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURA VERDE ASSOCIADA À
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Joinville

2017

DAIANE BERTOLDI

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURA VERDE ASSOCIADA À
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia de Infraestrutura, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Joinville, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Me. Simone Malutta

Coorientadora: Dra. Andréa Holz Pfützenreuter

Joinville

2017

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE COBERTURA VERDE ASSOCIADA À
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

DAIANE BERTOLDI

Esta Monografia foi julgada e aprovada como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 17 de Novembro de 2017.

Banca Examinadora:

Me. Eng. Simone Malutta
Presidente/Orientadora

Dra. Arq. Andréa Holz Pfützenreuter
Membro/ Co-orientadora

Me. Eng. Diego Antônio Custódio
Membro

Me. Eng. Lais de Bortoli Klein
Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e força diária para enfrentar os desafios e identificar as oportunidades.

A minha família, pelo incentivo, apoio e compreensão nos momentos de ausência.

Às professoras Andréa Pfützenreuter e Simone Malutta, pela disponibilidade, paciência e orientação para este trabalho.

Aos demais professores da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, pelos ensinamentos proporcionados. Em especial à professora Vanessa Lima, pela atenção e contribuições para este trabalho.

Ao meu amor e aos meus amigos, pelo incentivo e companheirismo ao longo da graduação.

À empresa júnior ESATI e aos amigos que fiz durante essa jornada, que me proporcionaram a melhor experiência pessoal, acadêmica e profissional.

Aos companheiros de trabalho da Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável de Joinville, pelo apoio e inspiração.

A todos que ajudaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

RESUMO

A adoção de práticas sustentáveis na construção civil alcança maior atenção dos profissionais e estudiosos da área, almejando soluções que possam melhorar as condições ambientais dos centros urbanos. O desenvolvimento das cidades atrelado ao aumento de áreas construídas, pavimentadas e com reduzidas áreas verdes, compromete a capacidade de infiltração da água precipitada no solo, sobrecarregando os sistemas de drenagem e aumentando a temperatura nos espaços urbanos, os chamados efeitos de *ilhas de calor*. Com objetivo de diminuir os impactos ambientais causados pela urbanização, uma medida compensatória é o uso de cobertura verde, que retém parcela da água precipitada, reduz os picos de vazão do escoamento superficial e contribui para o microclima. Além disso, quando associada ao armazenamento de águas pluviais, pode contribuir para economia de água potável e atenuar a operação do sistema de drenagem da região. Este trabalho apresenta a implantação de um sistema de cobertura verde, associado à captação e aproveitamento de águas pluviais, para uma habitação de interesse social com 43 m² a ser executada na cidade de Joinville/SC. As camadas da cobertura verde foram definidas a fim de viabilizar o sistema de captação das águas pluviais e possibilitar o dimensionamento hidráulico do mesmo, para levantamento de insumos e mão de obra, utilizado na obtenção da estimativa de custos de execução do sistema proposto. Por fim, conclui-se que a implantação se apresenta vantajosa considerando os benefícios citados anteriormente, e, comprovadamente significativos tanto ao usuário quanto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Cobertura verde. Água pluvial. Sistema de drenagem. Habitação de interesse social.

ABSTRACT

The adoption of sustainable practices in the construction industry has received greater attention of professionals and experts in the area, in search of solutions that can improve the environmental conditions in urban centers. The city development is linked to the increase in built-up and paved areas and reduction of green areas, which compromises the ability of infiltration of water precipitated on the ground, overloads the drainage systems and increases the temperature in urban centers due to the so-called effects of islands of heat. Seeking to reduce the environmental impacts caused by urbanization, some compensatory measures are study, such as the use of green layer, which retains part of the water precipitated, reduces the peak flow of surface runoff and contributes to the microclimate. Furthermore, when associated with storage of rainwater, can contribute to the economy of drinking water and mitigate the operation of the drainage system of the region. This work aims to study a green roof system implementation, associated with storm water capture and reuse for a social interest dwelling with an area of 43 m² in the city of Joinville/SC. It was defined the green roof layers, to enable the rainwater system capture and allow the hydraulic system project, for subsequent supplies and labor survey, used to obtain a cost estimate for the proposed system. Finally, it conclude that the implementation is advantageous considering the benefits previously mentioned, and proven significantly advantageous to both user and environment.

Key words: Green Roof. Rainwater. Drainage system. Social interest dwelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de coleta de águas pluviais.....	17
Figura 2 - Posição do reservatório.	20
Figura 3 - Camadas da cobertura verde extensiva.....	25
Figura 4 - Projeto original HIS - sem escala.....	31
Figura 5 - Município de Joinville/SC.....	32
Figura 6 - Zoysia Japônica, <i>grama-esmeralda</i>	35
Figura 7 - Estação Pluviométrica de Joinville.....	38
Figura 8 - Área inclinada.	39
Figura 9 - Ábaco para determinação de diâmetro de condutores verticais.....	42
Figura 10 - Planta de cobertura proposta para HIS - sem escala.....	50
Figura 11 - Modelo 3D HIS - sem escala.....	52
Figura 12- Cisterna para armazenamento de águas pluviais.....	55
Figura 13 - Traçado isométrico sistema de bombeamento – sem escala.....	56
Figura 14 - Traçado isométrico pontos não potáveis – sem escala.....	58
Figura 15 - Gráfico da representação do custo por etapa.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Composição das camadas.....	36
Quadro 2 - Frequência de manutenção.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo unitário para água não potável.....	33
Tabela 2 - Coeficientes de escoamento para telhado verde.	37
Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade.....	40
Tabela 4 - Rendimento de bombas centrífugas.....	44
Tabela 5 - Comprimento equivalente para tubo liso.....	45
Tabela 6 - Consumo não potável, diário e mensal.....	53
Tabela 7 - Vazão de projeto.....	53
Tabela 8 - Calhas e condutores adotados no projeto.....	54
Tabela 9 - Capacidade do reservatório.....	55
Tabela 10 - Conexões sistema de bombeamento.....	57
Tabela 11 - Conexões instalação hidráulica dos pontos não potáveis.....	58
Tabela 12 - Planilha dimensionamento tubulação.....	59
Tabela 13 - Planilha de dimensionamento de tubulação.....	59
Tabela 14 - Insumos edificação de alvenaria para armazenamento caixas d'água...60	
Tabela 15 - Insumos laje da camada de suporte.....	61
Tabela 16 - Insumos contrapiso de concreto leve com poliestireno expandido.....	62
Tabela 17 - Insumos e serviços da cobertura verde.....	63
Tabela 18 - Mão de obra sistema de cobertura.....	64
Tabela 19 - Custo estimado para implantação do sistema de cobertura verde.....	65
Tabela 20 - Insumos sistema de captação de águas pluviais.....	67
Tabela 21 - Mão de obra instalação hidráulica do sistema de captação.....	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA	13
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	14
2. CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	15
2.1 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO	16
2.1.1 Área de captação	18
2.1.2 Calhas e tubulações	18
2.1.3 Reservatório de armazenamento	19
2.1.4 Captação de águas pluviais através de coberturas verdes	21
3. COBERTURA VERDE	22
3.1 CLASSIFICAÇÃO	22
3.2 BENEFÍCIOS	23
3.3 SISTEMA CONSTRUTIVO	25
3.4 INCLINAÇÃO DA COBERTURA	27
3.5 EXECUÇÃO	27
4. METODOLOGIA APLICADA	29
4.1 OBJETO DE ESTUDO	29
4.1.1 Localização	32
4.2 PREVISÃO DE CONSUMO	33
4.3 SISTEMA DE COBERTURA	34
4.3.1 Composição das camadas	34
4.3.2 Coeficiente de escoamento	36

4.4	CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	38
4.4.1	Intensidade pluviométrica.....	38
4.4.2	Área de contribuição.....	39
4.4.3	Vazão de projeto	40
4.4.4	Calhas	40
4.4.5	Condutores verticais e horizontais	41
4.4.6	Reservatório	42
4.4.7	Bombeamento	43
4.4.8	Pressão disponível	46
4.5	MANUTENÇÃO.....	47
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
5.1	PREVISÃO DE CONSUMO HIS	52
5.2	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	53
5.3	CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	59
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	70
	REFERÊNCIAS.....	72
	APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO SISTEMA DE BOMBEAMENTO.....	79
	TABELA A.2 – COMPRIMENTOS EQUIVALENTES DAS CONEXÕES	79
	APÊNDICE B – DETALHAMENTO DA COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DAS	
	CONEXÕES UTILIZADAS PARA DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	81

1. INTRODUÇÃO

As áreas verdes, além de propiciarem melhoria na qualificação ambiental e urbana desempenham funções vitais relacionadas com a saúde física e mental do homem. Um empreendimento que tenha como premissa a sustentabilidade entende como melhoria, os atributos ambientais da área onde será instalado, por meio do incremento da biodiversidade da região, proteção dos recursos hídricos e conservação do solo (FANTINATTI; ZUFFO; ARGOLLO, 2015).

O número de edificações e áreas pavimentadas nas cidades contribui para impermeabilização do solo, que impede a infiltração da água e sobrecarrega os sistemas de drenagem, além de impactar diretamente no microclima urbano. De acordo com Lötsch (1981 apud MINKE, 2005), a concentração de edifícios e o tráfego intenso de veículos, bem como o aumento das superfícies asfaltadas, ocasionam um sobreaquecimento da atmosfera em áreas urbanas.

Os telhados verdes, também denominados de coberturas verdes, por definição de Catuzzo (2013), são áreas vegetadas sobre casas ou edifícios residenciais, industriais, comerciais ou públicos. Sua vegetação pode ser rasteira, arbustiva ou de porte arbóreo, e os benefícios ambientais de sua implantação incluem reduções potenciais nas emissões de carbono, reduções nas ilhas de calor urbano, aumento da biodiversidade, atenuação da temperatura da edificação e redução do escoamento das águas pluviais (CASTLETON et al., 2010).

Segundo Haefali, Lachal e Weber (1998 apud NIACHOU et al., 2001) a utilização de telhados verdes se torna uma escolha eficiente e estabilizadora, uma vez que as áreas de vegetação estão desaparecendo devido à valorização imobiliária e especulação do solo nos centros da cidade.

Com o solo cada vez mais impermeabilizado, o volume da água da chuva nas cidades é direcionado aos sistemas de drenagem, alterando a duração e intensidade do fluxo nos córregos, consequência disso são os alagamentos mais

frequentes, desestabilização dos barrancos dos córregos, destruição contínua dos habitats que dependem da água, e degradação da qualidade da água nos oceanos (KEELER; BURKE; 2010).

É possível reverter parte desses efeitos adversos por meio de estratégias que promovam o uso de sistemas naturais para administrar a qualidade e o volume das águas pluviais. A cobertura verde retém o escoamento superficial da precipitação, consome parte da água em sua própria vegetação, armazena uma parte em seu substrato e ainda melhora a qualidade da água remanescente, que pode ser encaminhada a sistemas de aproveitamento de água para fins não potáveis na edificação (KEELER; BURKE; 2010).

A captação e aproveitamento da água da chuva, para fins não potáveis, como descarga sanitária, lavagem de carros e regas de jardim, são alternativas viáveis para economia no consumo proveniente do abastecimento de água potável nas cidades, contribuindo para preservação desse indispensável recurso natural. A indústria da construção civil precisa assumir sua responsabilidade em relação à conservação de recursos hídricos, visto que a água possui impacto direto sobre a saúde e bem estar da população (EDWARDS, 2008).

Devido à grande extensão territorial, o país possui diferenciados regimes de precipitação e temperatura: na região Sul, aonde se pretende a instalação da edificação, a distribuição de chuvas ocorre de forma bastante uniforme, ao longo de quase todo território a média anual de precipitação varia de 1250 a 2000 mm, volume que na maioria das vezes é encaminhado aos sistemas de drenagem, sendo que poderia ser reaproveitado em instalações hidráulicas para fins não potáveis (QUADRO et al., 2017).

Apesar da grande intensidade de chuvas na Região Sul, o aproveitamento das águas pluviais ainda é pouco relatado. No Brasil, há maior ocorrência na Região nordeste, devido ao problema da escassez hídrica, refletindo uma cultura de medidas emergenciais e não preventivas (HAGEMANN, 2009).

Esse trabalho apresenta os estudos para implantação de um projeto de cobertura verde, associado a captação e aproveitamento da água da chuva, para um modelo de habitação de interesse social (HIS), na cidade de Joinville, Santa Catarina.

A Fundação João Pinheiro (FJP, 2014) aponta, que o déficit habitacional do Brasil é de 6.068.061 milhões, e na Região Sul do país, é de 645.189 mil. Esse é um

indicador usado na política habitacional para informar sobre a necessidade de reposição de moradias (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2014).

As chamadas habitações de interesse social têm como objetivo viabilizar o acesso a moradia própria adequada à população com maior vulnerabilidade social. A alta demanda construtiva para atender essas famílias representa um impulso para o estudo de projetos de habitação social que busquem melhorias construtivas, visando sustentabilidade, a fim de impactar positivamente no desenvolvimento urbano e na qualidade de vida da população.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a implantação do sistema de cobertura verde associada à captação e aproveitamento de águas pluviais, em uma habitação de interesse social.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar e definir os materiais e espessuras das camadas de composição da cobertura verde;
- Realizar o dimensionamento hidráulico do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis;
- Estimar o custo de implantação da cobertura verde com sistema de captação de águas pluviais para o projeto de HIS adotado.

1.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

O método científico de pesquisa a ser utilizado neste trabalho será o estudo de caso, que de acordo com Chizzotti (2006), objetiva reunir os dados relevantes sobre o objeto, alcançando um conhecimento mais amplo sobre o mesmo, dissipando dúvidas, esclarecendo questões pertinentes e, sobretudo, instruindo

ações posteriores. “O estudo de caso coletivo significa estender o estudo a diversos casos instrumentais para ampliar a compreensão ou teorização a partir de uma coleção mais ampla de casos conexos” (CHIZZOTTI, 2006, p.137).

Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com foco no estudo do sistema de cobertura vegetal associado à captação de águas pluviais, com aplicação em projeto de habitação de interesse social. De acordo com Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa bibliográfica abrange a pesquisa aos materiais públicos em relação ao tema de estudo, utilizando para tal, revistas, livros, monografias, teses.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo expõe o conteúdo abordado de forma geral, apresentando a problemática em que o mesmo está inserido e a justificativa do presente estudo, além de indicar os objetivos geral e específicos a serem atingidos.

No segundo capítulo é apresentado o levantamento bibliográfico sobre a captação de águas pluviais em edificações, e as características do sistema de captação e armazenamento. No terceiro capítulo estão expostas informações provenientes do levantamento bibliográfico sobre cobertura verde, premissas e benefícios de sua utilização, bem como as camadas que compõem sua estrutura.

O quarto capítulo apresenta a metodologia aplicada, juntamente com a definição do projeto de habitação social que será utilizado como objeto de estudo, assim como as características e normativas adotadas para o dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais.

No quinto capítulo é realizada a apresentação e análise dos resultados obtidos através da metodologia aplicada, para determinação das camadas da cobertura verde e dimensionamento hidráulico do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, sendo possível o cálculo do custo de implantação do sistema proposto. O sexto capítulo expõe as considerações finais sobre o trabalho e sugestões de estudos futuros.

2. CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A água é um recurso indispensável para a vida. O planeta é coberto por 70% de superfície em forma de água, quase toda salgada e, portanto, imprópria para o consumo direto humano. Apenas 2,5% do volume total é considerado potável, e a maior parte das reservas (cerca de 80%), está concentrada em geleiras nas calotas polares. O Brasil possui 12% das reservas de água doce disponíveis no mundo, sendo que a Bacia Amazônica concentra 70% desse volume (BRASIL, 2010).

O aumento progressivo da população impacta diretamente na demanda por água de qualidade e em quantidade, para atender as necessidades humanas. O consumo de água por unidade residencial tem aumentado ao longo dos anos, além do número cada vez maior de edificações comerciais consumidoras, como escolas, escritórios e supermercados. Esse consumo crescente resulta em problemas econômicos e ambientais devido o custo proveniente do serviço de abastecimento de água potável, e ao desperdício desse importante recurso natural (EDWARDS, 2008; ROLA, 2008).

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos, se o crescimento demográfico continuar no ritmo atual e não for estabelecido um consumo sustentável da água, em 2025 o consumo humano pode chegar a 90%, restando apenas 10% para os outros seres vivos do planeta. A água é percebida então, como recurso natural renovável e limitado (BRASIL, 2016a; FANTINATTI et al., 2015).

O crescimento urbano aliado a questões de falta de planejamento e infraestrutura, além de aumentar o consumo da água, contribui para impermeabilização excessiva do solo, que diminui a área de infiltração de águas pluviais, sobrecarregando os sistemas de drenagem e potencializando as inundações, contribuindo também para contaminação dos mananciais superficiais e lençol freático (FANTINATTI et al., 2015).

Parte da contaminação dos corpos d'água tem origem no escoamento superficial proveniente das chuvas, que incidem sobre áreas impermeáveis, residenciais e industriais, e transporta os resíduos encontrados no percurso até os corpos d'água, levando cargas poluidoras bastante significativas (FANTINATTI et al., 2015).

A água da chuva que não infiltra no solo escoar até as bocas de lobo, é encaminhada para as galerias e depois para os canais de macrodrenagem (rios urbanos e córregos). Caso essa água fosse captada e aproveitada nas edificações, além de diminuir o volume destinado ao sistema de drenagem, impactaria positivamente na economia de água potável (FANTINATTI et al., 2015; KEELER; BURKE; 2010;).

Algumas leis foram criadas com objetivo de incentivar a implantação do sistema de captação e armazenamento de água para utilização na própria edificação. Na capital do estado de Santa Catarina, Florianópolis, o Projeto de Lei Complementar nº 1.231/2013, aprovado em 2016, determina que todas as edificações comerciais e residenciais com área acima de 200 m² deverão ter captação de águas pluviais para reuso. Em Joinville, a Lei Complementar nº 220/2006 prevê que condomínios verticais ou horizontais com área superior a 750 m², devem realizar a captação e aproveitamento de águas pluviais provenientes dos telhados, sacadas, terraços e outros espaços abertos existentes (FLORIANÓPOLIS, 2013; JOINVILLE, 2006).

2.1 SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO

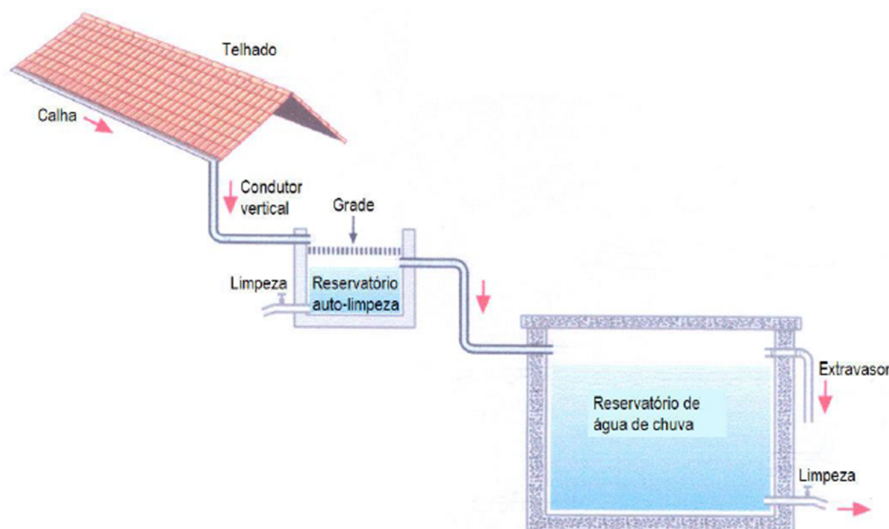
A água precipitada sobre determinada superfície de cobertura é direcionada para um reservatório ou cisterna através de um conjunto de calhas e condutores. Esse armazenamento da água traz vantagens econômicas aos usuários, pois a mesma pode ser aproveitada para usos não potáveis, como descarga sanitária, irrigação de jardim e lavagem de calçada. Outras vantagens relacionadas são: redução do risco de enchentes; redução da erosão nos leitos dos rios; aproveitamento de uma fonte de água livre de cobrança (OLIVEIRA; CHRISTMANN; PIEREZAN; 2014; VIOLA; NUNES; FREITAS; 2007).

Segundo a Norma Brasileira (NBR) 15527:2007 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o sistema de captação da água da chuva deve ser complementar ao de abastecimento de água potável presente na edificação, não sendo permitida conexão cruzada, pois se houver período de pouca precipitação ou falha no abastecimento público, a utilização dos fins não potáveis não ficará comprometida.

O dimensionamento do sistema deve ser realizado de acordo com a utilização para qual o mesmo for projetado, tendo como base a NBR 15527:2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, e atender conjuntamente às orientações da NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento e NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria.

Segundo Oliveira et al. (2014), de forma geral, para a coleta de águas pluviais é necessária instalação de condutores horizontais e verticais, dispositivos para filtragem, descarte do escoamento inicial e reservatório de armazenamento. O esquema está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Esquema de coleta de águas pluviais.



Fonte: Tomaz (1998) apud Oliveira et al. (2014, p. 6).

Para garantir o bom funcionamento do sistema, cada componente deve estar dimensionado corretamente, de acordo com sua utilização e funcionalidade, o que será explicado nas próximas seções.

2.1.1 Área de captação

As superfícies de cobertura são as melhores áreas para captação, visto que não possuem tráfego de pessoas ou veículos, e dessa forma, proporcionam maior qualidade da água que será armazenada. Outro fator importante para o projeto é a ação da gravidade, que encaminha a água para os reservatórios sem necessidade de um sistema de bombeamento (OLIVEIRA et al., 2014).

A primeira água que escoar do telhado convencional apresenta grau de contaminação elevado, por isso é aconselhável que haja despejo desse escoamento inicial. Em coberturas verdes esse descarte não é necessário, pois a passagem da água pela vegetação melhora sua qualidade devido ao sistema filtrante natural (FERREIRA; MORUZZI, 2007; KEELER; BURKE, 2010; OLIVEIRA et al., 2014).

O material da cobertura também é importante para definição do escoamento superficial, pois determina quanto da água precipitada se transforma de fato em escoamento. Segundo Ferreira e Moruzzi (2007), na cobertura verde existe uma redução do volume potencialmente aproveitável, visto que a própria vegetação retém uma parcela da precipitação, sendo essa a demanda necessária para manutenção do seu substrato. A perda de volume pela cobertura convencional é através do extravasor do reservatório de armazenamento, e se transforma em escoamento superficial. Nesse contexto, pode-se afirmar que a água perdida pela retenção em coberturas verdes, não é tão prejudicial quanto ao volume perdido pelas coberturas convencionais.

A água captada pela cobertura é encaminhada para o sistema de armazenamento através de calhas e condutores, que serão explicados a seguir.

2.1.2 Calhas e tubulações

Como citado anteriormente, a água pluvial captada pela cobertura é conduzida para o sistema de armazenamento por meio de calhas, condutores,

grelhas e outros componentes, que podem ser de diferentes materiais, sendo os comumente utilizados o Polyvinyl chloride (PVC) e metálicos (aço galvanizado e alumínio). A água escoada pelas calhas é conduzida através dos tubos de queda para a rede de armazenamento, que deve ser dimensionada de acordo com as necessidades específicas do projeto (OLIVEIRA et al., 2014).

2.1.3 Reservatório de armazenamento

O reservatório tem a função de armazenar a água captada na cobertura, e através de um sistema de bombeamento direcionar a mesma para uma caixa d'água, destinada às instalações dos pontos de uso não potável. De acordo com Oliveira et al. (2014), para um correto dimensionamento, o mesmo deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica da região.

O dimensionamento do reservatório pode ser feito de acordo com um dos métodos descritos pela ABNT NBR 15527:2007.

- Método de Rippl: A determinação do volume é realizada com base na área de captação e na precipitação registrada; considera que nem toda a água precipitada seja armazenada, e correlaciona tal volume ao consumo mensal da edificação. Esse método é subdividido em duas formas: analítica ou empírica, sendo a primeira a mais utilizada (AMORIM; PEREIRA, 2008).

- Método da simulação: Os registros de precipitação (mensais ou diários) são utilizados para simular o comportamento do volume de água no reservatório, sem contabilizar a evaporação da água (ABNT, 2007; DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010).

- Método Azevedo Neto: Utiliza uma série de precipitações de forma anual, relacionando com a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. É definido como volume ideal de reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletado no telhado e o número de meses secos (ABNT, 2007; FONTANELA, 2010).

- Método prático alemão: É um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório entre 6% do volume anual de consumo, ou 6% do

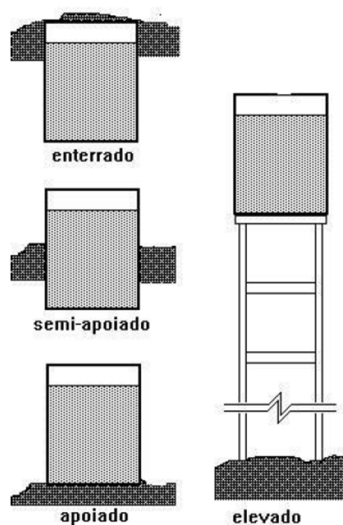
volume anual de precipitação aproveitável. Compara o volume de chuva aproveitável com a demanda anual (ABNT, 2007).

- Método prático inglês: Metodologia que utiliza série histórica anual, considera o volume ideal de armazenamento como sendo 5% do volume de água coletado no telhado, e despreza a variável de demanda da água, sendo o volume obtido independente deste (ABNT, 2007; DORNELLES et al., 2010)

- Método prático australiano: É necessário obter uma série histórica mensal de precipitação; esse método se diferencia por produzir resultados mais criteriosos devido à realização de um pequeno balanço das variáveis empregadas. Utiliza uma análise entre a chuva total do mês, em conjunto com a demanda também mensal, para equacionar o melhor volume de reservatório (ABNT, 2007; FONTANELA, 2010).

O reservatório pode estar apoiado, semiapoiado, enterrado ou elevado (Figura 2), e ser construído com diversos materiais como concreto armado, alvenaria ou aço.

Figura 2 - Posição do reservatório.



Fonte: Reckziegel (2010) apud Oliveira et al. (2014, p.10).

A escolha da posição dependerá das condições do terreno e do espaço disponível para instalação, sendo que a opção de reservatório enterrado possibilita maior área livre superficial (OLIVEIRA et al., 2014).

2.1.4 Captação de águas pluviais através de coberturas verdes

A utilização de coberturas verdes associadas com sistema de captação da água da chuva contribui para redução do escoamento superficial local, ou seja, diminui o volume de água que chega ao sistema de drenagem urbana; contribui para economia de água com seu aproveitamento para fins não potáveis; e ainda, melhora a qualidade da água captada por realizar a filtração natural da mesma (KEELER; BURKE, 2010; FANTINATTI et al., 2015).

Segundo Edwards (2008), existe uma necessidade de projetar edificações mais eficientes no consumo de recursos, que contribuam para a satisfação de seus usuários e para o desempenho econômico. A adoção de soluções sustentáveis e integradas, como o uso da cobertura verde com sistema de captação de águas pluviais, pode ser uma alternativa para essa necessidade, visto que esse tipo de cobertura apresenta não só benefícios ao usuário, mas também à região em que estará inserida.

3. COBERTURA VERDE

O emprego da vegetação para integração do ambiente construído ao ambiente natural constitui um dos ramos mais promissores do setor da construção civil (TIBIRIÇÁ; SANTOS; 2010; WINES, 2008 apud CAETANO). A cobertura verde, também chamada de telhado verde, é toda estrutura de telhado ou cobertura que agrega em sua composição camadas de vegetação, substrato, drenagem e impermeabilização, de forma a simular uma superfície natural de solo vegetado (CAETANO et al., 2010; CATUZZO, 2013; KEELER; BURKE, 2010; ROLA, 2008).

3.1 CLASSIFICAÇÃO

As coberturas verdes são classificadas, nas tipologias intensivas, extensivas e semi-intensivas de acordo com o tipo de vegetação empregada, aspecto visual, função e manutenção. Os telhados extensivos apresentam menor peso estrutural devido ao tipo de vegetação ser rasteira, de baixo custo e baixa necessidade de manutenção em relação às podas, ao contrário dos intensivos, que podem conter árvores e plantas de grande porte. A tipologia semi-intensiva possui espessura intermediária e pode abrigar vegetação de pequeno e médio porte (CAETANO et al., 2010; CATUZZO, 2013; MINKE, 2005).

Outra forma de classificação das coberturas verdes pode ser quanto à constituição do seu sistema, contínuo ou modular. O Sistema contínuo é constituído diretamente na estrutura de suporte, enquanto o sistema modular possui o substrato e a camada vegetal apoiados em módulos plásticos (TEIXEIRA, 2013).

A cobertura verde proposta neste estudo será do tipo extensivo e com sistema contínuo devido à funcionalidade, ao baixo peso estrutural imposto à edificação, maior flexibilidade em relação à inclinação da cobertura e custo de implantação e manutenção relativamente baixo. A vegetação pode ser constituída de gramíneas ou herbáceas, e o acesso a este tipo de telhado é restrito às pessoas responsáveis pela manutenção do mesmo (LOPES, 2007; TEIXEIRA 2013).

3.2 BENEFÍCIOS

A cobertura verde é um dos fatores determinantes para redução dos desequilíbrios ambientais que afligem o meio urbano. Entre os benefícios da vegetação nos sistemas de cobertura estão: função ecológica e estética, suporte à biodiversidade, retenção do volume de água pluvial, purificação do ar e equilíbrio térmico de ambientes (CAETANO et al., 2010).

De acordo com Fantinatti et al. (2015), por meio da evapotranspiração as áreas verdes amenizam o clima e os efeitos da *ilha de calor*, que é um fenômeno de aumento da temperatura nos centros urbanos, causado pela substituição excessiva do solo natural por construções de asfalto e concreto.

As coberturas de edifícios podem representar cerca de 50% das superfícies horizontais construídas nas cidades, portanto, se houver a substituição dos telhados convencionais pelos telhados verdes, os benefícios ao clima do ecossistema local e ao desenvolvimento sustentável podem ser expressivos (DUNNETT; KINGSBURY, 2008 apud CAETANO et al., 2010).

Um estudo de simulação para a cidade de Toronto, Canadá, estimou uma área de cobertura verde equivalente a 5% da área total de coberturas da cidade, observando duas condições para a vegetação: com e sem irrigação. Os resultados encontrados foram reduções de temperatura na ordem de 0,5 até 2°C no microclima, onde a menor temperatura foi obtida para cobertura verde com controle de irrigação, que devido à evapotranspiração teve os efeitos de resfriamento potencializados (BASS et al., 2002).

As temperaturas nas superfícies externas das coberturas também apresentaram diferenças significativas, de acordo com estudos realizados. Segundo Niachou et al. (2001), na região de Loutraki, Grécia, as temperaturas medidas na superfície externa de uma cobertura de edifício sem isolamento, apresentaram as seguintes variações: 42 a 48°C para telhado convencional, e de 28 a 40°C para telhado verde, portanto, a redução da temperatura na superfície da cobertura devido à existência de vegetação foi na ordem de 10°C. Já de acordo com Minke (2005), em pesquisa realizada na Alemanha, foi comprovado que para temperaturas externas de 30°C, a temperatura no substrato do telhado verde não passou de 25°C.

Além de apresentar menor temperatura superficial e diminuir os efeitos das ilhas de calor, a cobertura verde propicia maior conforto térmico na edificação. As camadas que compõe o sistema da cobertura verde são responsáveis pela redução da passagem de radiação solar, que aliadas aos mecanismos naturais das plantas, como evapotranspiração e fotossíntese, controlam a temperatura e umidade do ambiente interno (LOPES, 2007; MINKE, 2005; NIACHOU et al., 2001).

Os resultados de um experimento realizado por Vecchia et al. (2006) apud Ferreira (2007), reafirmam a eficiência como isolamento térmico da cobertura verde. O estudo compara a temperatura interna em módulos construtivos cobertos por diferentes materiais. Para um dia de temperatura externa de 34°C, a temperatura máxima no interior do módulo de cobertura verde foi de 28,8°C, menor que as medidas nas demais coberturas: telha cerâmica 30,4°C, aço galvanizado 45°C, telha de vidro cimento 31°C e laje de concreto 34,7°C.

O benefício térmico da cobertura verde pode ser ampliado a fatores econômicos, principalmente em situações onde há maior incidência de calor, o que exige um alto controle de refrigeração do ambiente. Essa ideia é apoiada por Liu e Baskaran (2004), que apresentaram resultados de estudos realizados no Canadá, onde a utilização de cobertura verde extensiva reduziu em até 75% os gastos energéticos com o condicionamento térmico da edificação.

Entre outras vantagens da utilização de vegetação nos sistemas de cobertura, está a capacidade de retenção do volume de águas pluviais, sendo que parte da água precipitada é armazenada no próprio substrato e depois liberada por evapotranspiração, e o restante do volume é liberado de forma controlada, o que reduz os picos de escoamento superficial. Em coberturas convencionais, maior quantidade de água precipitada esco diretamente pras galerias, ocasionando assim um grande fluxo para os sistemas de drenagem (FERREIRA; MORUZZI, 2007; LOPES, 2007).

O escoamento superficial gerado na cobertura verde pode ser encaminhado a um sistema de captação de águas pluviais, visto que a vegetação presente no mesmo realiza uma filtragem natural dos contaminantes, o que melhora a qualidade da água, tornando a aplicação do sistema favorável, mesmo perante o menor volume de água captada (KEELER; BURKE, 2010).

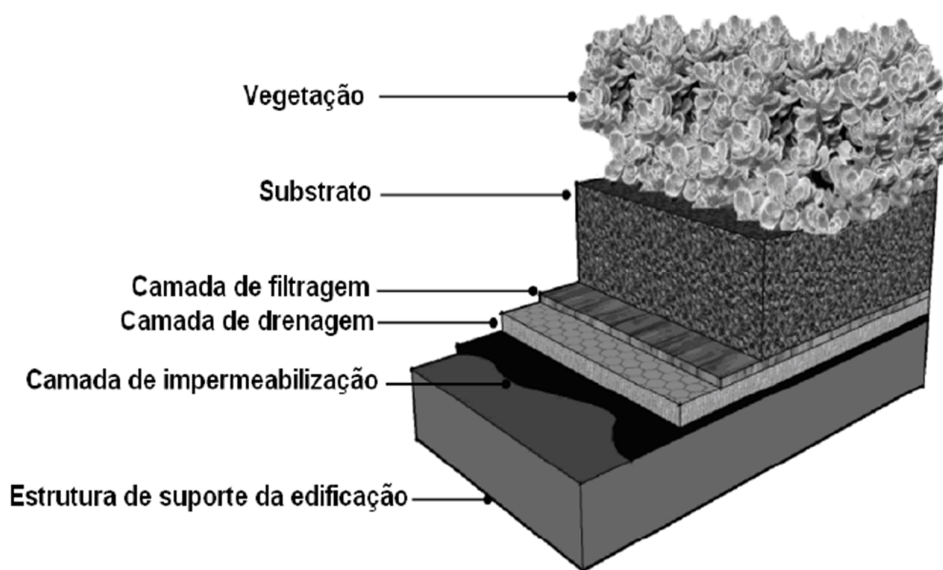
Além dos benefícios citados, as coberturas verdes apresentam também vantagens ambientais, promovendo conexão com a natureza, aumento da área

verde nos centros urbanos, melhoria da qualidade do ar, além de efeitos estéticos e psicológicos, uma vez que suavizam o ambiente em que se encontram (FERREIRA, 2007; ROLA, 2008).

3.3 SISTEMA CONSTRUTIVO

O telhado verde extensivo possui cinco camadas básicas em sua composição: vegetação, substrato, filtro, sistema de drenagem e impermeabilização. Como pode ser visto na Figura 3 (ALMEIDA, 2008; OLIVEIRA, 2009; MARTIN, 2008).

Figura 3 - Camadas da cobertura verde extensiva.



Fonte: Adaptado de Martin (2008) apud Jobim (2013, p. 20).

A escolha do tipo de vegetação para atender as características do sistema extensivo é restrita a uma escala pequena de espécies. Segundo Oliveira (2009), essas espécies apresentam maior resistência ao estresse hídrico e menor taxa de crescimento vegetativo, o que demanda baixa manutenção.

Para atender ao conceito de cobertura leve proposto pelo sistema extensivo, de acordo com Minke (2001), Oliveira (2009) e Catuzzo (2013), as plantas devem apresentar:

- Baixo crescimento (altura máxima de 50 cm);
- Raízes com desenvolvimento horizontal;
- Capacidade de regeneração após longos períodos secos ou chuvosos;
- Rápido crescimento;
- Tolerância a solos com espessuras estreitas;
- Resistência à exposição solar.

A densidade da vegetação escolhida tem importância no cobrimento do substrato, quanto mais densa, maior a evapotranspiração e o sombreamento, que contribuem para capacidade de isolamento térmico da cobertura (CAETANO et al., 2010).

O solo para atender à vegetação escolhida, compõe a camada de substrato, que tem como principais funções servir os nutrientes que darão suporte à vegetação, reter e absorver água, e ter vazios suficientes para o crescimento das raízes. Para os telhados extensivos, a altura de substrato pode variar de 5 a 15 cm (KREBS, 2005; OLIVEIRA, 2009), e de 6 a 20 cm segundo a International Green Roof Association (IGRA, 2014), e seu peso estrutural pode apresentar entre 60 e 150 kg/m² (IGRA, 2014).

Segundo Minke (2005), o solo do substrato não deve ser muito argiloso, pois o objetivo é garantir a porosidade e não permitir que a vegetação cresça rapidamente.

A camada de drenagem é responsável por armazenar e encaminhar parte do fluxo restante da água não utilizada pela vegetação. O sistema usual de drenagem é composto por calhas, ralos, telas ou barreiras para impedir a passagem de folhas ou galhos pelos condutores (DALEY, 2006; MINKE, 2005; ROLA, 2008).

O material a ser utilizado para drenagem deve ser de origem mineral e o mais leve possível, de preferência poroso e de granulometria arredondada, para que não ofereça risco de perfuração à camada impermeabilizante (MINKE, 2005; ROLA, 2008). De acordo com Dalay (2006), essa camada tem grande importância, pois se a água restante do escoamento não for drenada corretamente, pode ocasionar apodrecimento das raízes e sobrepeso na estrutura da cobertura.

Para garantir que a drenagem não seja obstruída, deve ser utilizada uma camada separadora filtrante, que tem como função impedir a passagem de

partículas finas do substrato para a camada de drenagem. O material geralmente é geotêxtil, composto de fibra sintética e deve obedecer aos critérios de resistência à ruptura e compressão, além de permitir o crescimento de raízes e ser resistente à ação de microrganismos (ROLA, 2008).

A última camada do sistema é a de impermeabilização, responsável pela proteção da laje de suporte contra qualquer umidade proveniente do meio externo e da perfuração por raízes de plantas. Há uma grande diversidade de membranas comercialmente disponíveis, e a escolha de projeto deve estar de acordo com as vantagens apresentadas por cada material (LOPES, 2007; ROLA, 2008).

Para Caetano et al. (2010), a geomembrana, membrana de polietileno virgem de alta densidade, é bastante utilizada na camada impermeabilizante devido sua resistência natural ao puncionamento, ao rasgo, e à degradação provocada por agentes bioquímicos e radiação solar.

3.4 INCLINAÇÃO DA COBERTURA

A inclinação da cobertura adotada será de 2% para garantir o escoamento das águas pluviais para o sistema de captação. A escolha atende à NBR 9575:2010, que prevê uma inclinação mínima de 1% para substratos das áreas horizontais em direção aos coletores de água (ABNT, 2010).

Outros autores também adotaram inclinações nessa ordem para a construção de protótipos, como o trabalho de análise de comportamento de substrato para retenção de água pluvial de Miller (2014), que utilizou uma inclinação de 3%; o trabalho de avaliação da contribuição do telhado verde na redução da vazão de águas pluviais de Baldessar (2012), que adotou 2% de inclinação; e o estudo do controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial, realizado por Klein (2017), também com 2%.

3.5 EXECUÇÃO

O projeto executivo deve estar detalhado, de forma que contenha todas as informações relativas à implantação da cobertura verde, como espessura das camadas e materiais que serão utilizados. Não é recomendável que o peso calculado para a estrutura seja ultrapassado durante a execução, portanto, o

transporte e armazenagem de materiais, bem como a circulação de pessoas, devem ser evitados quando possível (KREBS, 2006; MINKE 2005).

Durante a execução da camada de impermeabilização, é importante evitar furos ou danos que podem ser causados por pregos e outras ferramentas utilizadas, para isso, tais objetos devem ser mantidos longe da área de trabalho. Os cuidados na execução de cada camada, e cumprimento do projeto como detalhado tecnicamente, têm como objetivo garantir o bom funcionamento do sistema de cobertura verde (KREBS, 2006).

4. METODOLOGIA APLICADA

Este trabalho se caracteriza pela metodologia de Estudo de Caso que, de acordo com Chizzotti (2006, p.137), “[...] significa estender o estudo a diversos casos instrumentais para ampliar a compreensão ou teorização a partir de uma coleção mais ampla de casos conexos”.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

O trabalho terá como objeto de estudo um projeto de habitação de interesse social para implementação de cobertura verde associada a um sistema de captação de água de chuva, considerando como local de aplicação a cidade de Joinville/SC, que será utilizada para obtenção dos dados pluviométricos necessários para o dimensionamento do sistema de armazenamento de água.

O Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) foi regulamentado pela Lei Federal nº 11.124 de junho de 2005, e está direcionado à população de baixa renda, especialmente a que se encontra limitada a rendimentos de até três salários mínimos, e representa a quase totalidade do déficit habitacional do país (BRASIL, 2005).

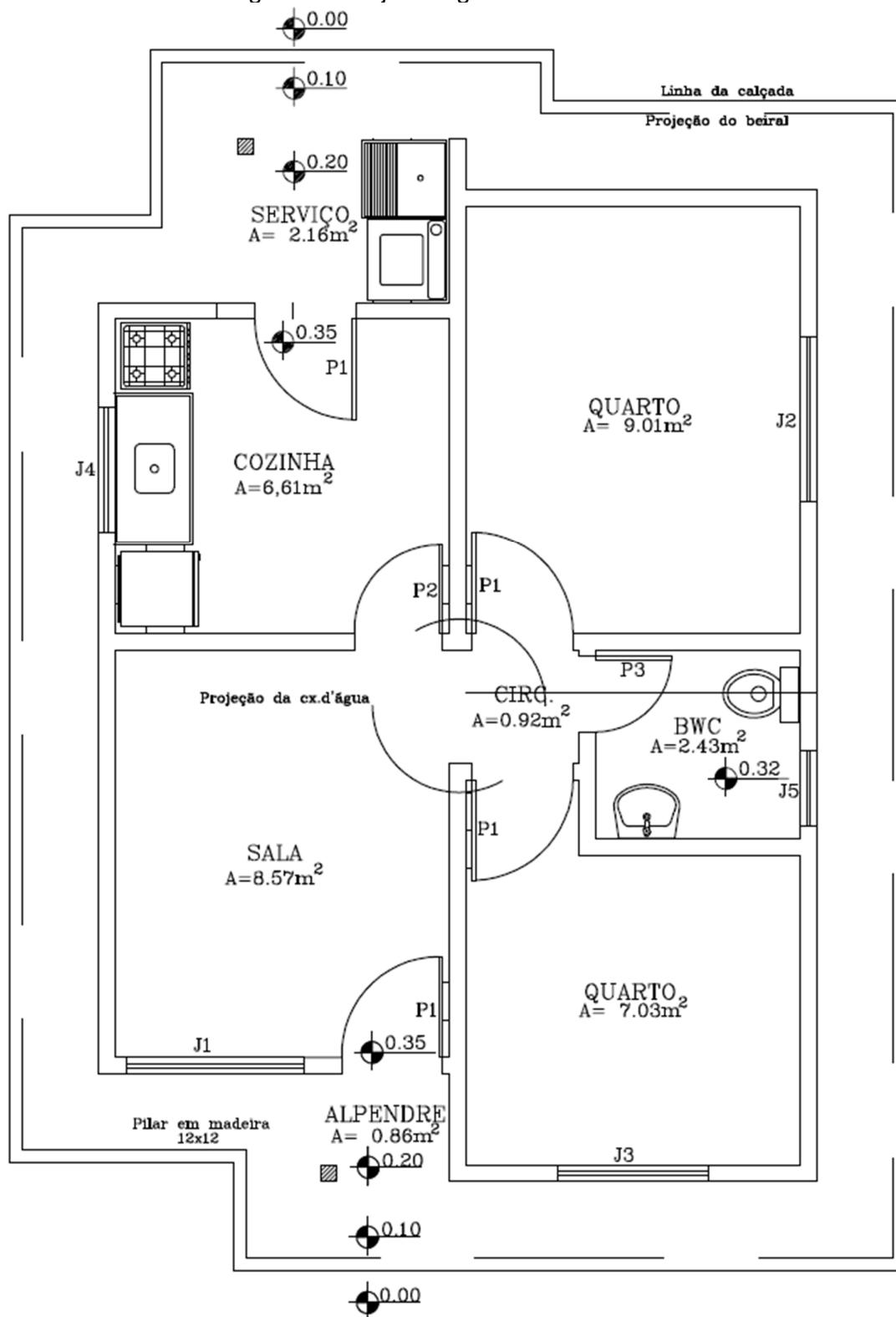
Segundo estudo da Demanda Futura por Moradias, publicado pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2010), a partir de 2013 a formação de domicílios pequenos, de um a dois moradores, seria mais frequente que a formação de domicílios médios, de três a quatro moradores. Com base nessa afirmação, uma unidade habitacional de dois quartos atenderia com facilidade a demanda média de moradores (BRASIL, 2009).

De acordo com os dados do Ministério das Cidades (BRASIL, 2016b), desde 2009 foram entregues 2,6 milhões de casas, e até 2018 espera-se alcançar o número de 4,6 milhões de novas residências construídas.

Dentro do contexto apresentado, a fim de atender a demanda existente de replicabilidade, foi definido como projeto de estudo uma residência térrea unifamiliar

com dois quartos, uma cozinha, uma sala, um banheiro e uma área de serviço, totalizando uma área construída de 43 m². O projeto base, Figura 4, foi disponibilizado pela Caixa Econômica Federal e pela Companhia de Habitação (COHAB) do Estado de Santa Catarina.

Figura 4 - Projeto original HIS - sem escala



Fonte: COHAB (2002).

A utilização de uma residência de um único pavimento como objeto de estudo, foi determinada com base na pesquisa de percepção de valor em habitações de interesse social publicada por Monteiro (2015), que indica que os moradores de residências térreas se mostram mais satisfeitos que os moradores de sobrados geminados em relação ao espaço disponível no terreno e ao conforto acústico.

Além da satisfação do usuário, foi analisado o fato de uma cobertura de residência térrea possuir maior área de captação para águas pluviais do que a cobertura de um sobrado geminado, e ainda, possuir maior espaço externo no terreno para alocação do sistema de armazenamento de águas pluviais.

4.1.1 Localização

O projeto foi realizado considerando sua implantação no município de Joinville, região norte de Santa Catarina, a $26^{\circ} 18' 16''$ S de latitude, $48^{\circ} 50' 44''$ W de longitude e aproximadamente 3 m de altitude.

Figura 5 - Município de Joinville/SC.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

O clima da região é do tipo úmido a superúmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem, caracterizando um cenário promissor para

captação de água pluvial. A umidade relativa média anual do ar é de 76,04% (JOINVILLE, 2017).

4.2 PREVISÃO DE CONSUMO

Segundo a NBR 5626:1998 da ABNT (1998), o volume de água a ser reservado em uma residência deve atender ao consumo normal da edificação por pelo menos 24h. A instalação hidráulica referente ao abastecimento de água potável deverá atender ao consumo total previsto, já o sistema de captação de água da chuva, pode ser projetado considerando a demanda dos fins não potáveis, ou seja, aparelho de vaso sanitário e aparelhos para rega de jardim e lavagem de áreas impermeáveis.

O consumo unitário dos pontos de utilização para fins não potáveis está apresentado na Tabela 1. No Brasil, apesar de existir comercialização de bacias sanitárias mais econômicas, segundo Tomaz (2009), deve-se considerar a ocorrência de possíveis vazamentos na ordem de até 30%, portanto, a taxa usualmente adotada é de 9,0 L/descarga.

Tabela 1 - Consumo unitário para água não potável.

Ponto de utilização	Consumo unitário	Frequência
Descarga bacia sanitária	9,0 L/descarga	5 vezes/dia
Rega de jardim	2,0 L/m ² x dia	1 vez/semana
Limpeza pátio comum	2,0 L/m ² x dia	1 vez/semana
Lavagem carro	150 L/lavagem/carro	1 vez/semana

Fonte: Adaptado de Tomaz (2009).

O consumo unitário deve ser multiplicado pela população da residência, para que seja possível estimar a demanda dos pontos de utilização de água não potável para determinado período de análise. Segundo Creder (2006), em projetos residenciais, usualmente são consideradas duas pessoas por dormitório social, totalizando então, quatro habitantes para o projeto em questão.

4.3 SISTEMA DE COBERTURA

O sistema de cobertura verde foi especificado com as informações necessárias para o desenvolvimento do dimensionamento hidráulico para captação e armazenamento de águas pluviais, bem como para estimativa do custo de implantação da cobertura proposta.

4.3.1 Composição das camadas

A primeira camada que compõe o sistema de cobertura verde é a de impermeabilização. Segundo Savi (2015), a utilização de mantas de polietileno de alta densidade (PEAD) permite conter as raízes da vegetação e impermeabilizar a estrutura de suporte, pois apresenta alta resistência ao impacto, a agentes químicos e também raios solares. Porém, de acordo com Britto (2001) apud Krebs (2005), é recomendada a execução de uma camada específica impermeabilizante antes do PEAD, para otimizar sua eficiência.

Para garantir a funcionalidade dessa camada, as características desejadas foram atendidas: tanto de alta resistência à perfuração, como de impermeabilização do sistema de suporte. Para o estudo de caso em questão, recomenda-se as técnicas de aplicação de pintura de manta asfáltica e colocação de manta de polietileno de alta densidade, que possui espessura média de 0,5 mm e densidade igual ou maior que 0,941 g/cm³ (ROLA, 2008; SAVI, 2015).

A camada de drenagem inicia depois da impermeabilização do sistema. O material escolhido para composição dessa camada é argila expandida, devido ao peso relativamente baixo e à forma esférica que possui melhor integração com a camada filtrante do sistema. Além das características já mencionadas, a argila expandida apresenta alta resistência, estabilidade dimensional e contribui para o isolamento térmico e acústico do sistema de cobertura (ROLA, 2008; SAVI, 2015).

As granulometrias recomendadas para telhado verde são entre 22 a 32 mm e 15 a 22 mm. Para o presente estudo, especificou-se a espessura da camada de drenagem em uma média de 4 cm, e uso de argila expandida com granulometria de 22 a 32 mm, equivalente a brita 2, com densidade aparente de 450 kg/m³ e variação máxima na ordem de 10% (CINEXPAN, 2017; ROLA, 2008).

Após a execução da drenagem será aplicado feltro geotêxtil, que segundo Britto (2001), é habitualmente utilizado na camada filtrante, possui peso na ordem de 150 g/m² a 200 g/m² e capacidade de evitar com segurança a passagem de lodo do substrato para a camada de drenagem.

Para a camada de substrato optou-se pela composição apresentada por Miller (2014), que avaliou o impacto de diferentes porcentagens de substâncias na retenção de águas pluviais. Como o objetivo do telhado verde em questão é captar e reaproveitar a água da chuva para fins não potáveis, o substrato escolhido foi o que apresentou menor índice de retenção pluvial, ou seja, aquele que gerou maior escoamento superficial.

A camada de substrato será de 10 cm, se enquadrando nas características da cobertura extensiva, e a composição do substrato proposto é formado por 20% de terra, 50% de turfa, 20% de casca de arroz carbonizada e 10% de vermiculita (MILLER, 2014).

Para a vegetação, recomenda-se a utilização da espécie *Zoysia Japonica* (Figura 5), conhecida popularmente por grama-esmeralda, herbácea rizomatosa, perene, com folhagem de cor verde-clara e altura de 10 a 15 cm. Pode ser cultivada em todas as regiões do país, possui boa adaptação em locais úmidos, com alta incidência de chuva, devido a necessidade de irrigação regular (LORENZI, 2015).

Figura 6 - *Zoysia* Japônica, *grama-esmeralda*.



Fonte: Lorenzi (2015, p. 937).

A grama esmeralda possui grande comercialização no Brasil devido ao custo-benefício, baixa manutenção e facilidade de manuseio. De acordo com informações do fornecedor Grameira Vale (2017), a grama é disponibilizada para o

plântio em formato de tapetes com dimensões de 40 x 62,5 cm, espessura aproximada de 30 mm, e peso de 25 a 30 kg por m².

O Quadro 1 apresenta em resumo a composição das camadas do sistema de cobertura verde adotada neste trabalho.

Quadro 1 - Composição das camadas.

Camada	Material	Espessura
Impermeabilização	Manta asfáltica com emulsão	3 mm
	Geomembrana de polietileno de alta densidade	2 mm
Drenagem	Argila expandida 32/22	4 cm
Filtro	Manta geotêxtil	-
Substrato	20% de terra 50% de turfa 20% de casca de arroz carbonizada 10% de vermiculita	10 cm
Vegetação	Gramma esmeralda	10 a 15 cm

Fonte: Autora (2017).

A partir da composição das camadas é possível realizar o dimensionamento hidráulico para o sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais, iniciou-se o mesmo pela determinação do coeficiente de runoff para escoamento da água da chuva para cobertura verde.

4.3.2 Coeficiente de escoamento

O coeficiente de runoff para telhados verdes pode variar de acordo com diversos fatores, entre eles a inclinação da cobertura e espessura do substrato com vegetação. A Tabela 2 apresenta os coeficientes de escoamento que foram utilizados como base no presente estudo (FLL, 2002 apud OHNUMA JÚNIOR, 2008).

Tabela 2 - Coeficientes de escoamento para telhado verde.

Espessura e (cm)	Inclinação até 15°	Inclinação acima de 15°
$e \geq 50$	0,1	-
$25 \leq e < 50$	0,2	-
$15 \leq e < 25$	0,3	-
$10 \leq e < 15$	0,4	0,5
$6 \leq e < 10$	0,5	0,6
$4 \leq e < 6$	0,6	0,7
$2 \leq e < 4$	0,7	0,8

Fonte: FLL (2002) apud Ohnuma Júnior (2008).

De acordo com a Tabela 2, considerando a espessura do substrato de 10 cm, altura máxima prevista para a grama-esmeralda de 15 cm, e inclinação inferior a 15°, a cobertura se enquadra no intervalo de $25 \leq e < 50$ cm com coeficiente de runoff de 0,2.

Segundo Jobim (2013), a capacidade do telhado verde de armazenar a água da chuva também pode ser influenciada pelas condições climáticas, e principalmente, pelo regime de chuvas, pois uma vez que o solo estiver em sua condição saturada, seu comportamento perante o escoamento superficial será semelhante ao de uma cobertura convencional.

A composição de substrato proposta para este estudo apresentou retenção média de 78% no protótipo desenvolvido na cidade de Curitiba/PR, por Miller (2014), para comparar diferentes tipos de substratos na retenção de águas pluviais, ou seja, em média, 22% das águas pluviais escoaram para um sistema de captação. Porém, quando registrado o período com maior incidência de chuva na pesquisa, 218 mm de precipitação, o mesmo substrato apresentou um pico de escoamento de até 96,55 %.

O coeficiente de escoamento adotado será de 0,2, embora o volume real em um determinado evento possa ser maior, dependendo do volume de precipitação.

4.4 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de aproveitamento da água da chuva foi dimensionado de acordo com as características da edificação a ser atendida e também da localização do projeto, com o objetivo de analisar o custo de implantação da solução proposta por este estudo.

4.4.1 Intensidade pluviométrica

A determinação da intensidade pluviométrica foi obtida através da equação definida por Back (2002) para a cidade de Joinville/SC, utilizando dados da estação de número 02648014, conforme informações apresentadas na Figura 7.

Figura 7 - Estação Pluviométrica de Joinville.

Dados da Estação	
Código	02648014
Nome	JOINVILLE (RVPSC)
Código Adicional	ANA
Bacia	ATLÂNTICO, TRECHO SUDESTE (8)
Sub-bacia	RIOS NHUNDIAQUARA, ITAPOCU E .. (82)
Rio	-
Estado	SANTA CATARINA
Município	JOINVILLE
Responsável	ANA
Operadora	EPAGRI-SC
Latitude	-26:19:18
Longitude	-48:50:47
Altitude (m)	6
Área de Drenagem (km ²)	-

Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA, 2017).

A equação de chuva de projeto definida por Back (2002) relaciona os três aspectos da chuva, intensidade-duração-frequência, e será exposta na Equação 1 com as constantes ajustadas para a estação.

$$i=641,7 \cdot \frac{T^{-0,2290}}{(t+8,8)^{0,6859}} \quad (1)$$

Onde:

T – Período de Retorno, em anos

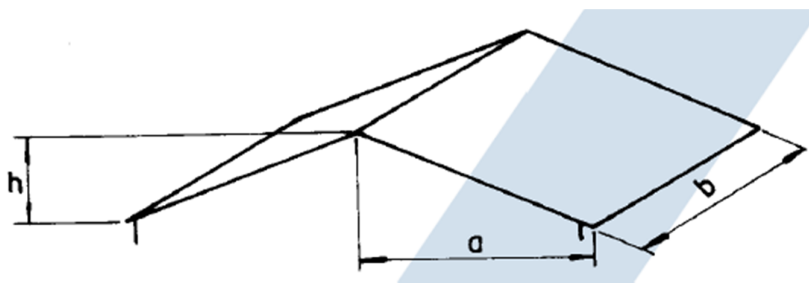
t – Tempo de Duração, em minutos

O período de retorno é determinado de acordo com as características da área a ser drenada, nesse caso, para coberturas deve-se utilizar um tempo de retorno de 5 anos. A duração da precipitação foi fixada em 5 minutos (ABNT, 1989).

4.4.2 Área de contribuição

De acordo com a NBR 10844:1989, no cálculo da área de contribuição deve-se considerar o incremento devido à inclinação da cobertura (Figura 8). Para o presente estudo a inclinação é de 2% formando uma cobertura de um caimento.

Figura 8 - Área inclinada.



Fonte: ABNT, NBR 10844:1989.

A equação 2 é utilizada para obtenção da área de contribuição em m² (A), utilizando as distâncias correspondentes representadas na Figura 8.

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

4.4.3 Vazão de projeto

A vazão de projeto deve ser calculada pela equação 3, indicada na NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (3)$$

Onde:

Q – Vazão de projeto, em L/min

I – Intensidade pluviométrica, em mm/h

A – Área de contribuição, em m²

4.4.4 Calhas

A inclinação da calha deve ser constante e mínima de 0,5% (ABNT, 1989).

O material proposto para calha é o plástico com formato semicircular, e será considerado que a lâmina d'água corresponde à metade da sua seção interna. O coeficiente de rugosidade relacionado é de 0,011, e o diâmetro foi escolhido através da Tabela 3, obtida através da fórmula de Manning-Strickler.

Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade n= 0,011 (Vazão em L/min).

Diâmetro interno (mm)	Declividades	
	0,5%	1%
100	130	183
125	236	333
150	384	541
200	829	1167

Fonte: NBR 10844 (ANBT, 1989).

Após a determinação do diâmetro será possível verificar qual grelha será compatível com o sistema. A grelha será instalada no bocal da calha, onde houver saída para os condutores verticais, com objetivo de evitar que sujeiras e folhas

sejam encaminhadas através da tubulação para o reservatório de águas pluviais (TIGRE, 2016).

4.4.5 Condutores verticais e horizontais

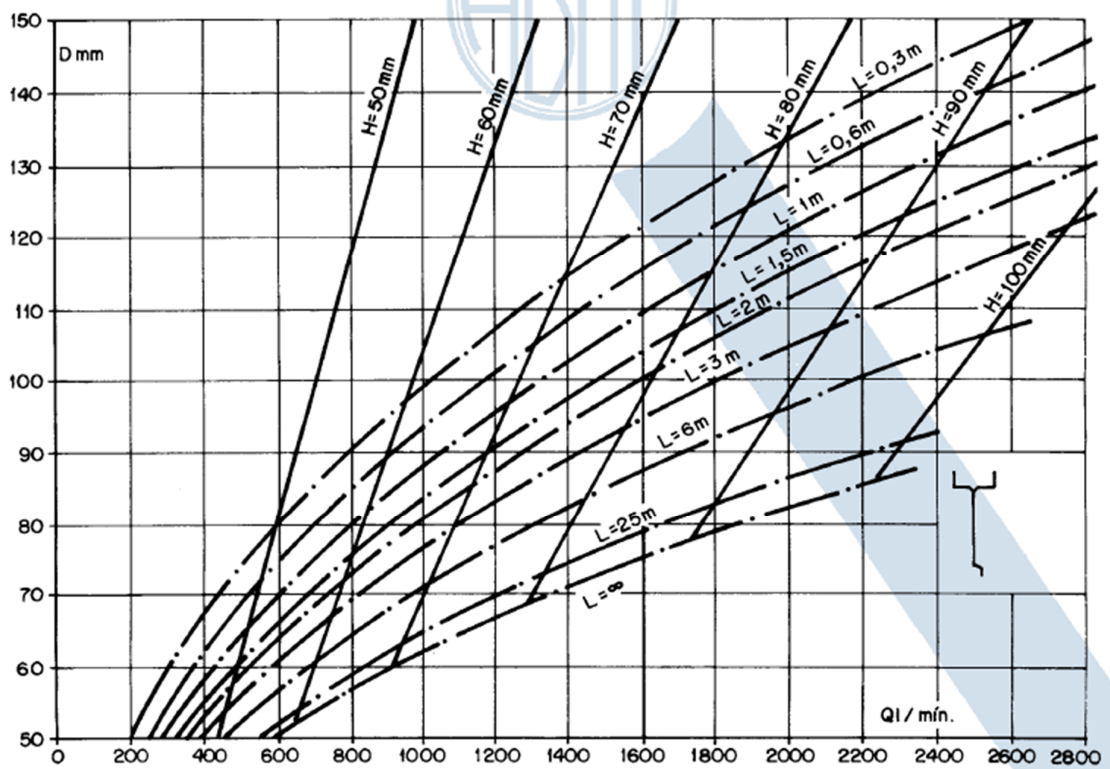
Os condutores verticais podem ser posicionados externamente à construção, e tem objetivo de conduzir as águas pluviais provenientes das calhas para o reservatório. Segundo a NBR 10844:1989, o diâmetro mínimo de seção circular é de 70 mm, e o dimensionamento é feito a partir dos seguintes dados:

- Q – Vazão de projeto, em L/min
- H – Altura da lâmina d'água na calha, em m
- L – Comprimento do condutor vertical, em m

O diâmetro interno (D) é obtido através de ábacos de calha com saída em aresta viva ou funil de saída. Foi adotada presença de funil de saída, pois segundo Gnipper (2017), sua utilização contribui para o aumento na capacidade de escoamento no conjunto calha-condutor vertical, pois a presença do funil reduz a perda de carga da água na entrada do condutor.

O ábaco utilizado para calha com funil de saída está apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Ábaco para determinação de diâmetro de condutores verticais.



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

O diâmetro é estimado com base no ábaco, sabendo-se que o valor mínimo a ser adotado para condutores verticais é de 70 mm.

4.4.6 Reservatório

Para estimar a capacidade do reservatório serão utilizados três métodos descritos na NBR 15527:2007.

O primeiro é o método de Rippl (Equação 4) que é conhecido por superdimensionar o reservatório, mas segundo Tomaz (2009), é indicado para verificar o limite superior do volume de armazenamento de águas pluviais. Nesse método serão utilizadas séries históricas mensais.

$$S = D - (C \cdot P \cdot A) \quad (4)$$

Onde:

S – Volume de água no reservatório, em m³

D – Consumo ou demanda, em m³

C – Coeficiente de escoamento do telhado

P – Precipitação da chuva, em m

A – Área de captação, em m²

Os outros dois métodos utilizam a precipitação média anual. Para obter o volume do reservatório pelo método de Azevedo Netto, utilizou-se a Equação 5, e pelo método prático inglês a Equação 6 (ABNT, 2007).

$$V = 0,042 \cdot P \cdot A \cdot T \quad (5)$$

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A \quad (6)$$

Onde:

V – Volume de água no reservatório, em L

P – valor numérico da precipitação média anual, em mm

A – Área de contribuição, em m²

T – Valor numérico do número de meses de pouca chuva

4.4.7 Bombeamento

Segundo Azevedo Netto et al. (1998), o conjunto elevatório é composto pelo motor e bomba, e é responsável por vencer a diferença de nível entre dois pontos, somada às perdas de carga durante o percurso. A bomba deve ser instalada quando possível abaixo do nível de água de sucção, de modo afogada, pois dessa maneira não haverá problemas de funcionamento na mesma devido à presença constante de água.

A altura geométrica é a diferença de nível dada pela Equação 7 de Azevedo Netto et al. (1998).

$$H_g = H_s + H_r \quad (7)$$

Onde:

H_s – Altura de sucção, altura do eixo da bomba até o nível inferior

H_r – Altura de recalque, altura do eixo da bomba até o nível superior

A potência do conjunto elevatório será dada em cv, que é aproximadamente HP. (AZEVEDO NETTO et al., 1998).

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75\eta} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde:

γ - Peso específico da água, 1000 kgf/m³

Q – Vazão, em m³/s

H_{man} – Altura manométrica, em m

η - Rendimento médio do conjunto elevatório

O rendimento médio, de acordo com Azevedo Netto et al. (1998), pode ser obtido através da vazão em litros por segundo conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Rendimento de bombas centrífugas

Vazão (L/s)	Rendimento η
5	52%
7,5	61%
10	66%
15	71%
20	75%
25	80%

Fonte: Adaptada de Azevedo Netto et al. (1998).

O dimensionamento da tubulação de recalque de bombas que não funcionam 24h por dia, é dado pela Equação 9. E para determinar o diâmetro do tubo de sucção, geralmente utiliza-se um diâmetro comercial acima do de recalque (AZEVEDO NETTO et al., 1998).

$$D = 1,3 \cdot X^{\frac{1}{4}} \cdot Q^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Onde:

X – Número de horas bombeadas por dia dividido por 24h, geralmente adota-se 4h

Q – Vazão no sistema, L/h. Obtido através da razão entre o consumo diário e o tempo de funcionamento da bomba em um dia

Para determinar a altura manométrica é preciso calcular as perdas de carga do sistema. A perda de carga no tubo depende do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da superfície e vazão. A equação utilizada será a de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos, de plástico ou cobre, conforme NBR 5626 (ABNT, 1998).

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75} \quad \text{Eq. 10}$$

Onde:

J – Perda de carga unitária, em kPa/m

Q – Vazão estimada na seção, em L/s

d – Diâmetro interno do tubo, em mm

A perda de carga nas conexões que ligam as tubulações deve ser expressa em comprimentos equivalentes desses mesmos tubos. (ABNT, 1998). Para cada diâmetro e tipo de conexão haverá um comprimento equivalente, conforme Tabela 5, adaptada da NBR 5626:1998.

Tabela 5 - Comprimento equivalente para tubo liso (plástico, cobre ou liga de cobre)

Diâmetro nominal	Conexões					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê direto	Tê lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1

Fonte: Adaptada da NBR 5626 (ABNT, 1998).

Após o cálculo da perda de carga unitária (J), deve-se multiplicar esse valor pelo comprimento do tubo respectivo somado às perdas de cargas por conexões, para obtenção da variação de comprimento em metros (Δh), que será a perda de carga total da tubulação.

$$\Delta h_s = J_s \cdot L_s \quad (11)$$

$$\Delta h_r = J_r \cdot L_r \quad (12)$$

Onde:

L_s – Comprimento real do tubo de sucção somado aos comprimentos equivalentes das conexões, em m;

L_r – Comprimento real do tubo de recalque somado aos comprimentos equivalentes das conexões, em m.

A altura manométrica corresponderá à soma da altura geométrica com as perdas de carga totais do sistema, conforme Equação 13 (AZEVEDO NETTO et al., 1998).

$$H_{man} = H_s + H_r + \Delta h_s + \Delta h_r \quad (13)$$

Onde:

H_s – Altura de sucção, altura do eixo da bomba até o nível inferior, em m

H_r – Altura de recalque, altura do eixo da bomba até o nível superior, em m

Δh_s – Perda de carga na sucção, em m

Δh_r – Perda de carga no recalque, em m

4.4.8 Pressão disponível

O dimensionamento dos pontos não potáveis deve ser realizado de modo que a velocidade da água na tubulação não ultrapasse 3 m/s, a pressão no ponto da bacia sanitária com válvula de descarga atenda no mínimo 5 kPa, e na mangueira da área de serviço o mínimo de 10 kPa.

O dimensionamento deve seguir a NBR 5626 (ABNT, 1998). A partir do traçado isométrico os trechos são nomeados, e na sequência estima-se o diâmetro que será utilizado para verificação da velocidade, conforme a Equação 14.

$$V = 4 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot \pi^{-1} \cdot D^{-2} \quad (14)$$

Onde:

Q – vazão estimada, em L/s;

D – diâmetro interno da tubulação, em mm.

Verifica-se o comprimento real da tubulação e os comprimentos equivalentes (Tabela 5), referentes às conexões necessárias para o trecho em questão. A perda de carga unitária é calculada através da Equação 10, apresentada anteriormente, e para obter a perda de carga total, multiplica-se o comprimento total do tubo pela perda de carga unitária.

Calcula-se a pressão disponível residual no trecho, a partir da subtração da pressão disponível, pela diferença de cotas e da perda de carga total do sistema.

4.5 MANUTENÇÃO

Segundo Minke (2005), a correta execução do sistema de cobertura verde aliada às condições climáticas impostas à vegetação, como período adequado de exposição solar e chuvas frequentes, resulta em uma cobertura com pouca necessidade de manutenção.

Para as coberturas verdes extensivas, com baixo peso próprio, são suficientes podas de uma a duas vezes ao ano para remoção de ervas daninhas que possam se instalar no telhado, sendo essa, a única atividade esporádica relacionada à conservação da cobertura (PORSCHÉ; KOHLER, 2003 apud LOPES, 2007).

A manutenção para o sistema de aproveitamento de água de chuva deve ser realizada de acordo com as orientações da NBR 15527:2007, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Frequência de manutenção

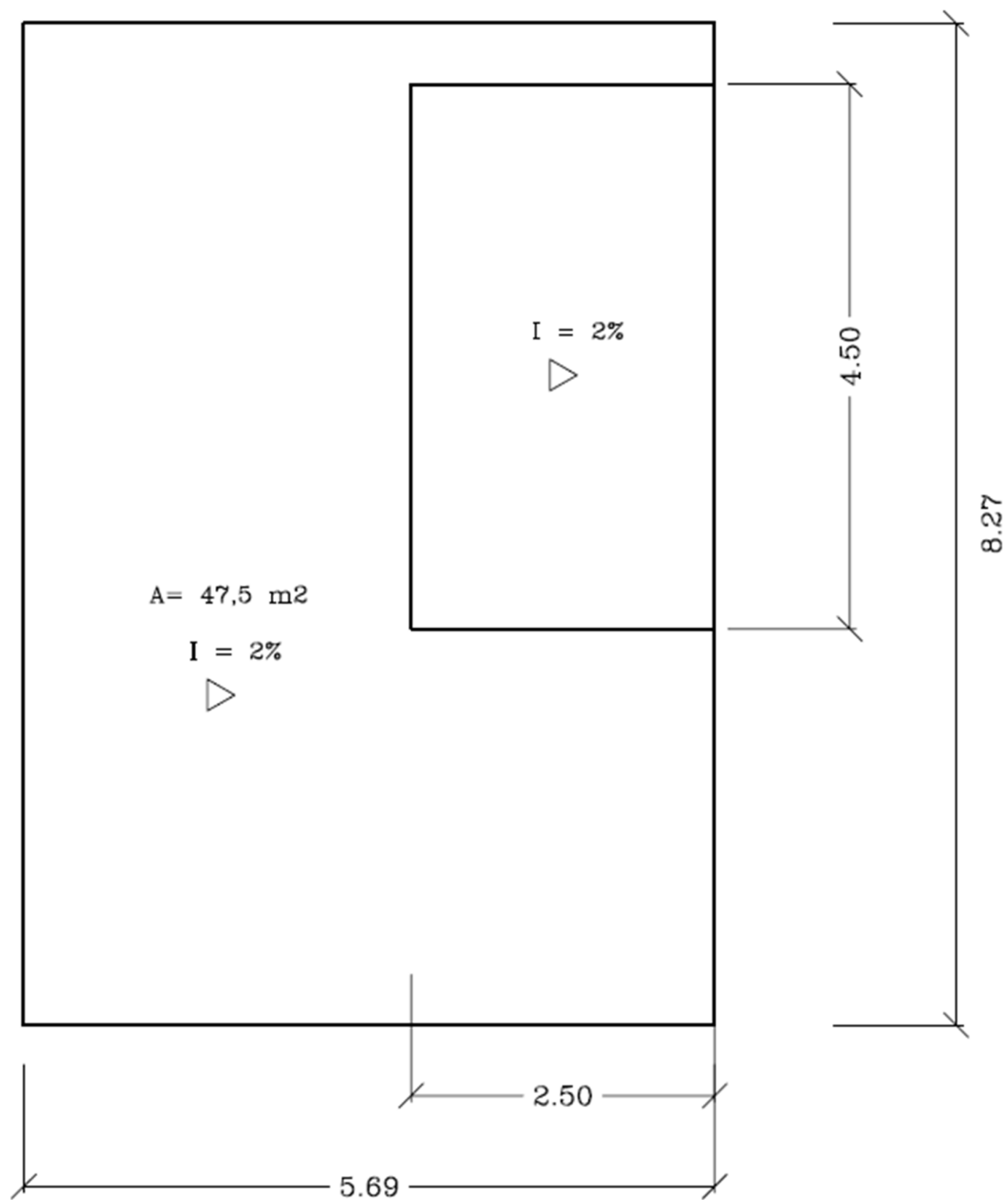
Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Calhas e condutores verticais	Semestral
Bomba	Mensal
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Adaptado da NBR 15527 (ABNT, 2007).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Algumas modificações no projeto original foram realizadas para implantação da cobertura verde associada com ao sistema de captação de águas pluviais. A nova área de cobertura da HIS está apresentada na Figura 10, juntamente com as dimensões da edificação de alvenaria proposta para armazenamento das caixas d'água, com acesso lateral para manutenção.

Figura 10 - Planta de cobertura proposta para HIS - sem escala



Fonte: Autora (2017).

Foram considerados dois telhados verdes construídos sob uma laje de suporte de 10 cm de espessura e inclinação de 2%, a ser vencida através de um contrapiso de concreto leve de poliestireno expandido (EPS) com espessura máxima de 11,4 cm para o ponto mais alto.

O concreto leve de EPS consiste na substituição parcial ou total dos agregados tradicionais pelas chamadas pérolas de EPS, altamente recomendado para regularização de lajes, onde na maioria das vezes torna-se inviável a utilização do concreto tradicional pela espessura necessária e respectivo aumento de peso do elemento. Entre os benefícios de sua aplicação estão as propriedades isolantes e redução do peso próprio da estrutura (TESSARI, 20016).

A área total de cobertura com inclinação de 2% é de 47,5 m². O pé direito adotado para a parte interna da residência é 2,70 m e para área de serviço 2,85 m, com área total coberta com laje de 3,6 m², diferente do projeto original, onde a área de serviço compreendia 2,16 m². Na Figura 11, é possível visualizar a esquematização 3D da HIS.

Figura 11 - Modelo 3D HIS - sem escala



Fonte: Autora (2017).

A Figura 11 também mostra a representação do sistema de captação e condução das águas pluviais para a cisterna, composto por duas calhas e dois condutores verticais.

5.1 PREVISÃO DE CONSUMO HIS

O consumo não potável foi estimado de acordo com a Tabela 1, considerando quatro habitantes para a residência. As áreas consideradas foram: para limpeza da área de serviço 3,6 m², e para rega de jardim 47,5 m², relativo à área de cobertura verde. Os resultados do consumo diário e mensal para fins não potáveis são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Consumo não potável, diário e mensal.

Ponto de utilização	Consumo diário (L)	Consumo mensal (L)
Descarga bacia sanitária	180	5400
Rega de jardim	96,6	380
Limpeza área serviço	7,4	29,6
Lavagem carro	150	600
TOTAL	434	6409,6

Fonte: Autora (2017).

O consumo diário foi estimado considerando um dia de utilização de todos os pontos não potáveis; para o consumo mensal foram consideradas as frequências indicadas na Tabela 1.

5.2 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

A vazão de projeto, Tabela 7, foi calculada considerando o tempo de retorno de 5 anos, tempo de duração da chuva de 5 minutos, intensidade pluviométrica obtida através da Equação 1 e área total de cobertura.

Tabela 7 - Vazão de projeto

Tempo de retorno (anos)	5,0
Tempo de duração (min)	5,0
Intensidade pluviométrica (mm/h)	153,3
Área de contribuição (m ²)	47,5
Vazão de projeto (L/min)	121,4

Fonte: Autora (2017).

O sistema de condução das águas pluviais é composto por duas calhas e dois condutores verticais, para atender aos dois telhados, tanto da residência quanto da edificação de alvenaria construída para armazenamento das caixas d'água.

A calha foi dimensionada de acordo com a Tabela 3, com uma inclinação de 0,5% e diâmetro de 125 mm, que atende a uma vazão de 236,0 L/min. Os

condutores foram dimensionados a partir do ábaco da Figura 10, além de considerar o aspecto comercial, onde para calhas com seção igual a 125 mm o condutor vertical do bocal de calha é de 88 mm. A Tabela 8 especifica os componentes de condução das águas pluviais adotados para o projeto.

Tabela 8 - Calhas e condutores adotados no projeto.

Componente	Diâmetro (mm)	Inclinação (%)	Comprimento (m)
Calha 1	125	0,5	8,27
Calha 2	125	0,5	4,5
Condutor vertical 1	88	-	0,95
Condutor vertical 2	88	-	2,45

Fonte: Autora (2017).

A Tabela 8 utiliza como referência: calha e condutor vertical 1 - correspondentes à captação e condução das águas pluviais da cobertura da residência; calha e condutor vertical 2 - correspondentes à área de cobertura da edificação de armazenamento das caixas d'água.

Para determinação da capacidade do reservatório de armazenamento de água, foram utilizados os métodos de Rippl, Azevedo Netto e Método Prático Inglês.

O método de Rippl resultou em um reservatório de capacidade máxima de 20.500 L, mas tal volume foi considerado inviável hidráulica e economicamente para a HIS do projeto em questão. A série de dados pluviométricos utilizada para o método corresponde aos anos de 1996 a 2015, e foi obtida da estação localizada na Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE, 2017).

Os outros dois métodos, apresentados na Tabela 9, resultaram volumes de capacidade muito inferiores ao de Rippl, mais coerentes e aplicáveis para edificação a ser atendida.

Tabela 9 - Capacidade do reservatório.

Método Azevedo Netto	
Média anual (mm)	2357,61
Área contribuição (m ²)	47,52
Número meses pouca chuva	3,00
Volume (L) anual	14117,32
Volume (L) mensal	1176,44
Método prático inglês	
Média anual (mm)	2357,61
Área contribuição (m ²)	47,52
Volume (L) anual	5602,11
Volume (L) mensal	466,84

Fonte: Autora (2017).

A cisterna escolhida para realizar o armazenamento das águas pluviais possui capacidade de 1050 L e dimensões de 220 cm de altura e lados de 80 cm. Segundo o fabricante Tecnotri (2017), é ideal para pequenos espaços por ser compacta e modular, além de proporcionar fácil execução e elevada durabilidade do sistema (Figura 12).

Figura 12- Cisterna para armazenamento de águas pluviais.



Fonte: Tecnotri (2017).

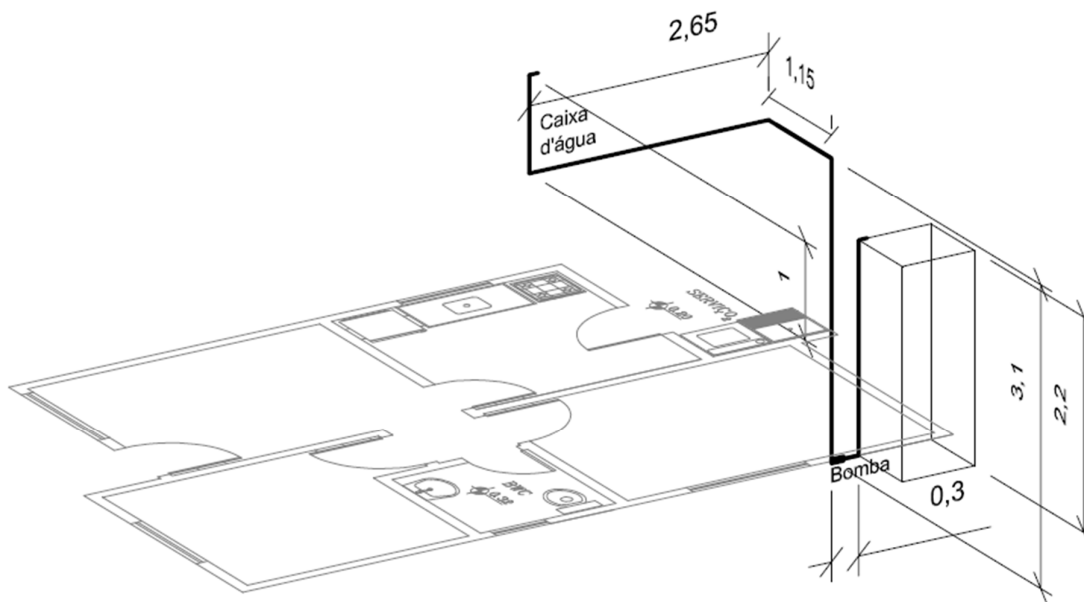
As caixas d'água adotadas para este projeto possuem capacidade de 1500 L. Para o abastecimento de água potável foi considerado o consumo de 180 L por pessoa por dia e dois dias de autonomia, e para o armazenamento de água da chuva foi considerado o consumo da bacia sanitária em dois dias de autonomia,

somado à rega de jardim, limpeza da área de serviço e lavagem de carro, além do potencial de armazenamento da cisterna.

Caso haja um período considerável de seca, recomenda-se que os pontos de utilização não potáveis sejam abastecidos normalmente, para isso, pode ser realizada a instalação da caixa d'água potável em um nível superior ao da caixa d'água da chuva para prever o abastecimento da mesma por gravidade, ou ainda, dimensionar um sistema de bombeamento com a mesma função. Este trabalho não abordará os detalhes dessa conexão cruzada nem o dimensionamento hidráulico referente aos demais pontos de utilização.

A condução da água captada pela caixa d'água da edificação é feita por um sistema de bombeamento, conforme traçado isométrico apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Traçado isométrico sistema de bombeamento – sem escala



Fonte: Autora (2017).

As conexões necessárias para a tubulação de sucção e de recalque estão apresentadas na Tabela 10, e a partir das mesmas foram obtidas as respectivas perdas de carga.

Tabela 10 - Conexões sistema de bombeamento

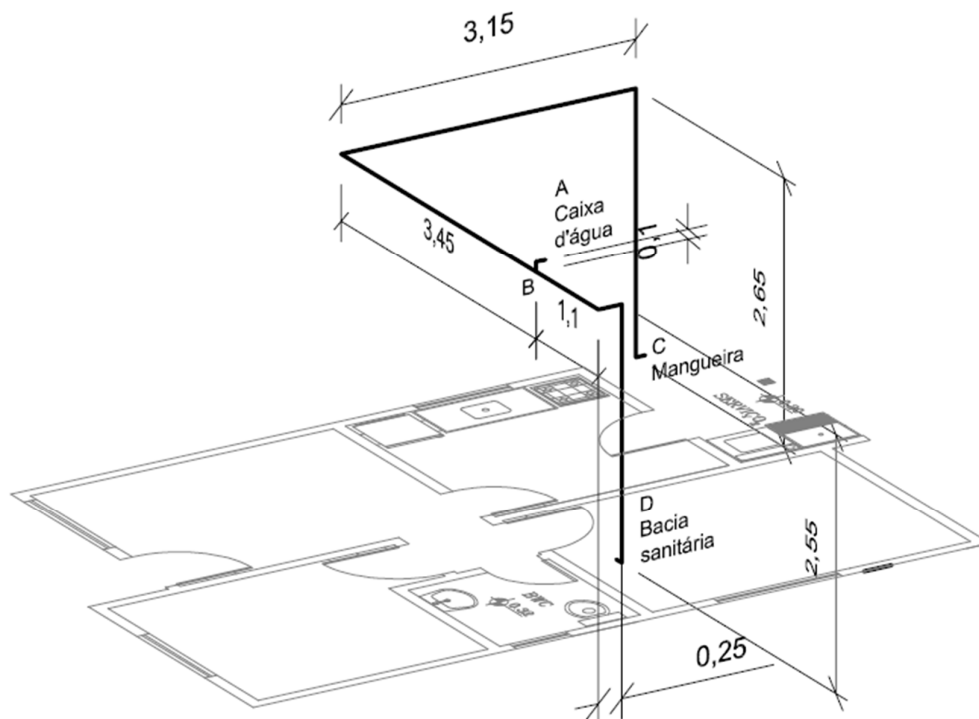
Conexões	Quantidade	
	Recalque	Sucção
Joelho 90°	4	2
Válvula de pé com crivo		1
União	1	
Válvula de retenção	1	
Entrada de reservatório	1	
Registro de gaveta	1	1

Fonte: Autora (2017).

A bomba estará trabalhando de forma afogada, com rendimento de 52% (Tabela 4) e regime de trabalho de 4 horas por dia. O diâmetro da tubulação de recalque é de 20 mm e de sucção 25 mm, a altura manométrica total é de 6,40 m e a potência calculada é de 0,005 cv. A bomba foi escolhida no catálogo do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017), e possui uma potência de 0,33 cv, de acordo com Azevedo Netto (1998), para tal potência recomenda-se o diâmetro mínimo de 25 mm para tubulação de sucção.

A partir da definição do traçado interno (Figura 14) foi realizado o dimensionamento hidráulico dos pontos não potáveis.

Figura 14 - Traçado isométrico pontos não potáveis – sem escala



Fonte: Autora (2017).

Do mesmo modo, a partir do traçado foi possível verificar as conexões necessárias nos trechos (Tabela 11). No final dos trechos B-C e B-D, referentes aos pontos da mangueira da área de serviço e da bacia sanitária respectivamente, foram considerados joelhos de 90° para a instalação hidráulica dos pontos.

Tabela 11 - Conexões instalação hidráulica dos pontos não potáveis

Conexões	Trechos		
	A-B	B-C	B-D
Joelho 90°	1	4	4
T lateral		1	1
Registro de gaveta	1		
Saída de reservatório	1		

Fonte: Autora (2017).

A vazão no trecho, diâmetro interno referente ao diâmetro comercial adotado para tubulação, 20 mm, e velocidade na tubulação, estão apresentadas na Tabela

12. A velocidade está de acordo com a NBR 5626:1998, que determina velocidades inferiores a 3 m/s em cada trecho.

Tabela 12 - Planilha dimensionamento tubulação (vazão, diâmetro interno e velocidade).

Trecho	Peso		Vazão (l/s)	φ (mm)	Velocidade (m/s)
	Unitário	Acumulado			
A-B	0,7	0,7	0,25	17	1,11
B-C	0,15	0,15	0,15	17	0,66
B-D	0,20	0,2	0,20	17	0,88

Fonte: Autora (2017).

Os comprimentos totais de cada trecho são apresentados na Tabela 11, juntamente com as respectivas perdas de carga unitária e total e a pressão disponível residual em kPa.

Tabela 13 - Planilha de dimensionamento de tubulação (comprimento equivalente, perda de carga e pressão disponível residual).

Comprimento Equivalente (m)			Pressão Disponível (kPa)	Perda de Carga		Pressão Disponível Residual (kPa)
Tubo	Conexões	Total		Unitária	Total	
0,2	2	2,2	1,00	1,11	2,434	-1,43
3,9	6,7	10,6	26,93	0,45	4,763	22,17
9,25	6,7	15,95	27,93	0,74	11,856	16,08

Fonte: Autora (2017).

A pressão disponível residual para o ponto onde ficará a mangueira é de 22,17 kPa, e para a bacia sanitária com caixa de descarga é de 16,08 kPa, portanto, ambos atendem à pressão mínima de utilização.

5.3 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

O custo de implantação do sistema de cobertura verde foi obtido considerando: a) a construção da edificação de alvenaria para armazenamento das caixas d'água; b) a laje de forro em ambas as coberturas; c) o contrapiso de concreto leve para atender a inclinação de 2%; d) impermeabilização do contrapiso; e) camada de drenagem; f) camada filtrante; g) substrato; h) vegetação.

Os insumos e mão de obra necessários para composição dos serviços foram obtidos nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO, 2010) e os custos unitários foram consultados no SINAPI (2017).

A edificação de alvenaria para armazenamento das caixas d'água possui pé direito de 1,4 m e paredes de 4,5 m de comprimento por 2,5 m de largura, o detalhamento dos insumos respectivos a sua construção está apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 - Insumos edificação de alvenaria para armazenamento das caixas d'água

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Alvenaria para armazenamento das caixas d' água				
Argamassa industrializada multiuso, para revestimento interno e externo e assentamento de blocos diversos	368,48	Kg	0,4	147,39
Tijolo cerâmico maciço 5,0 x 10 x 20 cm	1000	Unidade	0,32	320
SUB-TOTAL	19,6	m²		467,39

Fonte: Autora (2017).

A área da laje da residência é 47,05 m², e da laje da edificação de armazenamento das caixas d'água é de 11,25 m², a composição dos insumos foi realizada para área total das duas lajes, 58,3 m². (Tabela 15).

Tabela 15 - Insumos laje da camada de suporte.

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Laje pré-fabricada comum para forro, espessura 10 cm, capeamento 2 cm e elemento de enchimento cerâmico 8 cm				
Areia média - posto jazida/fornecedor	1,78	m ³	55	97,9
Pedra britada n.1 (9,5 a 19 mm) posto pedreira/fornecedor	0,4	m ³	57,5	23
Pedra britada n.2 (19 a 38 mm) posto pedreira/fornecedor	1,21	m ³	57,5	69,58
Cimento portland CII – 32	524,79	Kg	0,5	262,4
Aço CA50, 6,3 mm, vergalhão	110,21	Kg	3,86	425,41
Laje pré-moldada convencional (lajotas + vigotas), unidirecional, sobrecarga de 200 Kg/ m ² , vão até 3,50 m	58,31	m ²	26,74	1559,21
Prego de aço polido com cabeça 18 x 27	1,75	Kg	8	14
Peça de madeira nativa/regional 7,5 x 7,5 cm (3 x 3") para forma	99,71	m	2,35	234,32
Sarrafo de madeira não aparelhada 2,5 x 10 cm, macaranduba, angelim ou equivalente da região	56,56	m	8,51	481,33
Tábua de madeira aparelhada 2,5 x 30 cm, macaranduba, angelim ou equivalente da região	32,65	m	20,57	671,61
SUB-TOTAL	58,31	m²		3838,76

Fonte: Autora (2017).

O contrapiso de concreto leve utilizado neste trabalho possui densidade de 700 Kg/m³ - foi utilizada a tabela do fornecedor Isoféres (2017) como referência para quantificar os insumos necessários (Tabela 16). Dentre as composições disponíveis

foi escolhida a de menor densidade nominal com objetivo de reduzir o impacto da sobrecarga na edificação. O volume total foi calculado através do produto da espessura média do contrapiso de ambas as coberturas pelas respectivas áreas.

Tabela 16 - Insumos contrapiso de concreto leve com poliestireno expandido.

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Contrapiso de concreto leve com poliestireno expandido, Densidade 700 Kg/m³	2,54	m³		
Areia média - posto jazida/fornecedor	0,35	m ³	55	19,23
Cimento portlando CII - 32	1155,75	Kg	0,5	577,87
Poliestireno expandido EPS, pérolas para concreto leve	38,88	Kg	32,66	1269,84
SUB-TOTAL	2,96	m³		1866,94

Fonte: Autora (2017).

Os custos relativos à implantação da cobertura verde estão expostos na Tabela 18, diferente da laje e contrapiso, para a cobertura verde foi considerado como área total 47,5 m², pois na parte da edificação de alvenaria só terá cobertura verde na laje superior exposta. Para as camadas de impermeabilização, filtro e vegetação, estão considerados os custos do serviço e insumos necessários para execução.

Tabela 17 - Insumos e serviços da cobertura verde.

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Impermeabilização				
Impermeabilização de superfície com manta asfáltica (com polímeros tipo app), E=3 mm	47,5	m ²	54	2565
Impermeabilização de superfície com geomembrana (manta termoplástica lisa) tipo PEAD, E=2 mm	47,5	m ²	40,78	1937,05
SUB-TOTAL	47,5	m²		4502,05
Drenagem				
Argila expandida, granulometria 32/22, saco de 50 litros	38	Unidade	28	1064
SUB-TOTAL	1,9	m³		1064
Camada filtrante				
Execução de dreno com manta geotêxtil 200 g/m ²	47,5	m ²	4,14	196,65
SUB-TOTAL	47,5	m²		196,65
Substrato				
Terra vegetal a granel	4,75	m ³	90	427,5
SUB-TOTAL	4,75	m³		427,5
Vegetação				
Plantio de grama esmeralda em rolo	47,5	m ²	12,57	597,08
SUB-TOTAL	47,5	m²		597,08

Fonte: Autora (2017).

A granulometria especificada neste trabalho (Quadro 1) não foi encontrada na tabela do SINAPI, por esse motivo foi utilizado como referência o preço do fornecedor Copafar e fabricante CINASITA para sacos de 50 litros de argila expandida na granulometria 32/22 (COPAFER, 2017). Devido à dificuldade de encontrar o preço de diferentes composições de substrato, considerou-se o mesmo

sendo terra vegetal, sem as especificações sugeridas neste trabalho. Para o custo da vegetação foi considerado plantio da grama esmeralda em rolo pela facilidade de execução e adequação à tabela SINAPI.

A mão de obra necessária para execução dos serviços do sistema de cobertura está apresentada na Tabela 18, juntamente com o equipamento betoneira que será utilizado na construção da laje e preparação do concreto leve.

Tabela 18 - Mão de obra sistema de cobertura.

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Outros componentes e mão de obra				
Betoneira capacidade 400 L, motor elétrico, potência 2 CV	1,00	Unidade	2889,5	2889,5
Servente	130,85	h	13,56	1774,33
Pedreiro	40,96	h	18,91	774,55
Armador	8,75	h	18,91	165,46
Carpinteiro de formas	42,57	h	18,93	805,85
SUB-TOTAL				6409,69

Fonte: Autora (2017).

Os custos dos insumos e da mão de obra estimados para implantação do sistema de cobertura verde totalizam o valor de R\$ 19.543,12 para a HIS em questão, com área de cobertura de 47,05 m², portanto, o custo por m² seria de R\$ 415,37. Nesse valor estão inclusos os valores da construção da laje, contrapiso, edificação de armazenamento de caixas d'água e cobertura verde, conforme Tabela 19.

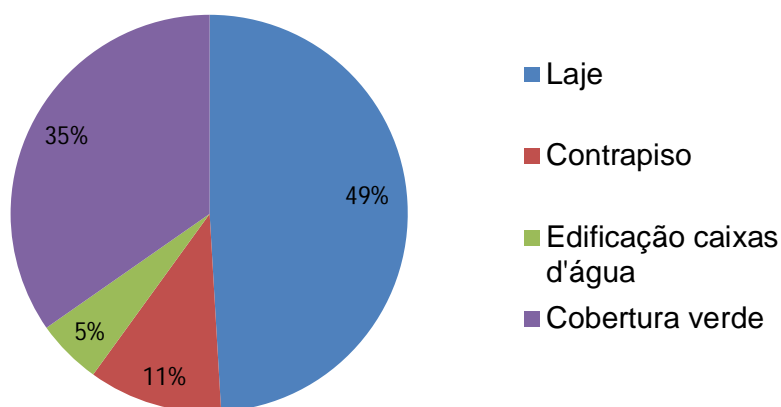
Tabela 19 - Custo estimado para implantação do sistema de cobertura verde.

R\$	Insumos	Mão de obra	Custo total	Custo por m ²
Laje	3838,76	5748,78	9587,54	203,77
Contrapiso	1866,94	261,20	2128,14	45,23
Edificação caixas d'água	467,39	572,77	1040,16	22,11
Cobertura verde	6787,28	-	6787,28	144,26
Custo de implantação sistema de cobertura			19543,12	415,37

Fonte: Autora (2017).

Se considerado somente o custo do sistema da cobertura verde, composto pelas camadas de impermeabilização, drenagem, filtro, substrato e vegetação, o valor por m² para implantação passa a ser de R\$144,26. E, ainda, é possível estimar o custo da execução do contrapiso e da cobertura verde, com valor final de R\$ 189,50 por m². A Figura 15 apresenta o gráfico da contribuição de cada etapa para o custo final estimado.

Figura 15 - Gráfico da representação do custo por etapa



Fonte: Autora (2017).

Conforme indicado na Figura 15, aproximadamente 50% do custo total do sistema de cobertura verde proposto é proveniente da execução da laje estrutural. Uma alternativa para redução de custos pode ser a substituição desta laje como camada de suporte por outro material.

Em estudo realizado por Savi (2015), a autora comparou os custos de implantação de dois sistemas de telhado verde semelhantes ao adotado neste trabalho, com diferentes elementos estruturais para a camada de suporte. O primeiro sistema era composto por laje pré-moldada, e o segundo por vigas de madeira e chapas de madeira compensada. A redução obtida foi de R\$43,00 por m² no valor total para execução do telhado verde com estrutura de madeira.

O valor final estimado para implantação do sistema de cobertura deste estudo de caso depende também dos custos provenientes da instalação do sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais. Os insumos considerados para tal estão apresentados na Tabela 20, sendo que as conexões foram contabilizadas e apresentadas de forma sintetizada. O detalhamento das conexões pode ser visualizado no Apêndice B.

Tabela 20 - Insumos sistema de captação de águas pluviais

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Armazenamento água				
Caixa d'água em polietileno 1500 litros, com tampa	2	Unidade	552,33	1104,66
Cisterna vertical modular 1050 L, kit reuso de água ¹	1	Unidade	1345	1345
Calhas e condutores				
Calha de beiral, semicircular de PVC, diâmetro 125 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical	13	m	63,86	830,18
Conductor pluvial, PVC, circular, diâmetro entre 80 e 100 mm, para drenagem pluvial	3,4	m	9,82	33,39
Joelho de transição circular 88 x 100 mm ²	2	Unidade	13,9	27,8
Tê soldável PVC 100 x 100 mm ³	1	Unidade	11,64	11,64
Sistema bombeamento				
Bomba centrífuga com motor elétrico monofásico, potência 0,33 HP, bocais 1" x 3/4", diâmetro rotor 99 mm, hm/q = 4mca / 8,5 m ³ /h a 18 mca / 0,9 m ³ /h	1	Unidade	399	399
Tubulação				
Tubo pvc soldável, DN 25 mm, água fria	2,5	m	2,86	7,15
Tubo pvc soldável, DN 20 mm, água fria	21,4	m	2,15	46,01
Conexões				257,01

¹ Preço conforme fornecedor Tecnotri; ² Preço conforme site Leroy Merlin, fabricante Tigre; ³ Preço conforme site Balaroti, fabricante Tigre.

Fonte: Autora (2017).

A mão de obra e outros itens necessários para instalação hidráulica do sistema de captação de águas pluviais, estão apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Mão de obra instalação hidráulica do sistema de captação de águas pluviais.

Descrição	Qtidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Serviços, outros componentes e mão de obra				
Fita veda rosca em rolos de 18 mm x 10 m	1	Unidade	1,8	1,8
Solução limpadora para PVC, frasco com 1000 cm ³	1	Unidade	37,65	37,65
Adesivo plástico para PVC, frasco com 175g	1	Unidade	13,76	13,76
Pasta para solda de tubos e conexões de cobre com 250g	1	Unidade	23,38	23,38
Serviço de instalação de tubos de PVC, água pluvial, DN 75 mm (instalado em ramal de encaminhamento ou condutores verticais), inclusive conexões, cortes e fixações	3,4	m	26,63	90,54
Instalação de conjunto elevatório motor-bomba	1	Unidade	33,62	33,62
Ajudante de encanador	14,9	h	14,73	219,48
Encanador	14,9	h	18,89	281,46

Fonte: Autora (2017).

O custo para execução do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial é R\$ 4.763,53 que somado aos demais custos apresentados na Tabela 19, resulta em um valor estimado de R\$ 24.563,62 para a implantação da cobertura verde com sistema de captação das águas pluviais, um acréscimo de cerca de 20% no valor total.

Segundo Klein (2017), para edificações com coberturas verdes é importante analisar a demanda de consumo não potável e disponibilidade de água da chuva antes da instalação de um sistema de aproveitamento, para avaliar o potencial de economia alcançável.

Em estudo comparativo com diferentes sistemas de cobertura, Klein (2017) observou que na simulação para cidade de Florianópolis/SC de uma residência com cobertura verde contínua e 4 moradores, área de captação de 90 m² e percentual de substituição de água potável igual a 40%, o potencial de economia de água potável foi igual a 17,43% para um reservatório de 2000 litros, com descarte inicial por evento de chuva de 2 mm. Esse potencial de economia pode ser maior dependendo do número de habitantes da residência e consumo não potável por dia, área de captação e disponibilidade pluviométrica da região.

A cidade de Joinville/SC possui média de precipitação anual de 2300 mm, com chuvas distribuídas durante todos os meses, sendo que as menores médias mensais dos últimos 20 anos ocorreram nos meses de maio, julho e agosto, com respectivos 94,96; 128,15 e 115,41 mm de precipitação. No restante dos meses a média mensal é próxima ou superior a 200 mm (UNIVILLE, 2017).

Tal característica climática pode ser determinante para melhorar o comportamento do sistema de captação de águas pluviais proposto neste trabalho. Em estudo realizado por Miller (2014), o protótipo de cobertura verde com mesma composição de substrato exibida no Quadro 1, apresentou percentual de escoamento de 96,55% para um período de vinte dias com precipitação total de 218,2 mm na cidade de Curitiba/PR.

Portanto, a condição pluviométrica da cidade de Joinville/SC pode colaborar para um maior volume de captação de água da chuva pela cobertura verde, juntamente com as características adotadas neste trabalho, como a composição do substrato para menor retenção de água, e eliminação do descarte inicial, conforme sugerido por Fantinatti et al., (2015) e Keeler e Burke (2010).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os projetos de habitações de interesse social possuem grande replicabilidade no país. O estudo de soluções mais sustentáveis do ponto de vista econômico, ambiental e social tem por objetivo melhorar a qualidade de vida dos usuários e reduzir os impactos ambientais causados pela urbanização excessiva.

O estudo de caso foi realizado considerando a implantação de cobertura verde com sistema de captação de águas pluviais para um projeto padrão de HIS com 43 m². A solução estudada neste trabalho apresenta a utilização de duas técnicas atuando de forma conjunta para potencializar os benefícios ao usuário e ao meio ambiente: redução da temperatura interna da edificação e dos efeitos de ilha de calor; aumento de área verde nos centros urbanos; retenção e aproveitamento das águas pluviais, gerando economia de água potável e redução do escoamento direcionado aos sistemas de drenagem.

Para a cobertura verde foram estudadas as diferentes classificações e características desse sistema de cobertura, a fim de realizar a definição da composição das camadas que melhor atendesse aos objetivos do trabalho. O sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais foi dimensionado de acordo com as modificações realizadas no projeto e apresentadas ao longo deste trabalho.

O custo total estimado é de R\$ 24.563,62 para implantação da cobertura verde associada ao sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, sendo que 20% desse valor representa o custo do projeto hidráulico. A economia de água potável na residência depende principalmente do índice pluviométrico e do coeficiente de escoamento da cobertura.

Para a cidade de Joinville/SC, com precipitação média mensal de aproximadamente 200 mm, é possível que o potencial de aproveitamento de água da chuva seja maior que o considerado no dimensionamento hidráulico, visto que em condições de chuva intensa e solo saturado, ocorre aumento na quantidade de água escoada para a cisterna e conseqüentemente, maior economia de água potável na residência.

A economia financeira gerada ao usuário devido à captação de águas pluviais pode ser considerada relativamente baixa, visto existência da tarifa de água social, que é destinada entre outros às famílias residentes de habitações de interesse social. Em Joinville, o valor cobrado é de aproximadamente R\$ 14,00 para consumo até 10 m³ (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2017).

Todavia, a implantação da cobertura verde com captação de águas pluviais se apresenta vantajosa considerando os demais benefícios, já citados anteriormente e comprovadamente significativos como, por exemplo, o equilíbrio térmico interno, a redução dos efeitos de ilhas de calor e do escoamento superficial, além do aproveitamento da água da chuva na própria edificação e consequente contribuição pela preservação da água como recurso natural e escasso. Considerando os benefícios ao meio ambiente, a aplicação do sistema estudado neste trabalho em loteamentos residenciais pode alcançar resultados ainda mais expressivos.

A composição dos custos de insumos e mão de obra necessária para a implantação do projeto é uma estimativa do valor total a ser gasto para tal, porém é importante ressaltar que para análise da viabilidade econômica completa, deve ser realizado o estudo das modificações estruturais necessárias para adequação à sobrecarga imposta pelo sistema de cobertura, e ainda relacionar com o potencial de economia que o sistema de captação de águas pluviais pode alcançar.

Portanto, como indicação de trabalhos futuros, sugere-se a determinação do potencial de economia que o sistema de captação de águas pluviais pode proporcionar para HIS em questão, a partir de uma análise computacional no programa Netuno, do comportamento da cobertura verde com o sistema de aproveitamento, utilizando as características adotadas neste trabalho para implantação na cidade de Joinville/SC. Pode ser realizado ainda, o dimensionamento estrutural e análise dos custos de execução de infra e superestruturas relacionados.

Por fim, recomenda-se também, um estudo de diferentes materiais para camadas de suporte, com o objetivo de reduzir o custo e o peso respectivos à utilização de laje pré-moldada.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:2007** – Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 9575:2010** – Impermeabilização – seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 5626:1998** – Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 10844: 1989** – Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/Estacao.asp?Codigo=2648014>> Acesso: 26 ago. 2017.

ÁGUAS DE JOINVILLE. **Tabela tarifária ano 2017**. Disponível em: <http://www.aguasdejoinville.com.br/site/?page_id=2> Acesso em: 21 out. 2017.

ALMEIDA, Marco Antonio Milazzo de. **Coberturas maturadas e qualidade ambiental: uma contribuição em clima tropical úmido**. 2008. 152 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

AMORIM, Simar Vieira de; PEREIRA, Daniel José de Andrade. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

AZEVEDO NETTO et. al. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Editora Edgar Blucher LTDA. 1998.

BACK, Álvaro José. **Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002, 65 p.

BALAROTI. **Departamento de tubos e conexões**. Disponível em: <https://www.balaroti.com.br/departamento/tubos-e-conexoes_5> Acesso em: 10 out. 2017.

BALDESSAR, Sílvia Maria Nogueira. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. 2012. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

BASS, Brad et al. **Mitigating the urban heat island with green roof infrastructure**. Urban Heat Island Summit, Toronto, Canada. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/254815484_Mitigating_the_Urban_Heat_Island_with_Green_Roof_Infrastructure> Acesso em: 04 junho 2017.

BRASIL. Presidência da República. **Lei N° 11.124**, de 16 de junho de 2005. Assunto desta lei, geralmente se diz, Dispõe sobre.... Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11124.htm> Acesso em: 10 junho 2017.

_____. Ministério das Cidades. **Demanda futura por moradia no Brasil 2003 - 2023**. 2009. Disponível em:

<http://www.minhacasaminhvida.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Demanda_Futura_por_Moradias_Uma_visao_Demografica_rev_%2026-03-2010.pdf> Acesso em: 10 junho 2017.

_____. Ministério das Cidades. **Infraestrutura**. 2016b. Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/03/minha-casa-minha-vida-chega-a-3a-fase-com-2-milhoes-de-novas-moradias-ate-2018>> Acesso em: 10 junho 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de recursos hídricos**. 2016a. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/3%20-%20mcs_agua.pdf> Acesso em: 19 maio 2017.

_____. Saiba mais sobre água, consumo consciente e recursos hídricos no Brasil. **Portal Brasil**. 2010. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2010/10/agua-e-consumo-consciente>> Acesso em: 27 março 2017.

BRITTO, Celina Correa. **Análisis de la viabilidad y comportamiento energético de la cubierta plana ecológica**. 2001. Tese (Doutorado) – Departamento de Construção e Tecnologia Arquitetônicas, Escola Técnica Superior de Arquitetura, Universidade Politécnica de Madrid. Madrid, Espanha, 2001.

CASTLETON, H. F. et al. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. **Energy and Buildings**. v. 24, p. 1582-1591, 2010.

CATUZZO, Humberto. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O Caso da Cidade de São Paulo**. 2013. 207 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CINEXPAN. **Argila expandida: propriedades do fabricante**. Disponível em:

<<http://www.cinexpan.com.br/argila-expandida-3222-cinexpan.html>> Acesso em: 23 ago. 2017.

CHIZZOTTI, Antonio. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Conjunto habitacional popular: projeto arquitetônico**. Maio 2002. Disponível em: <<http://cohab.sc.gov.br/>> Acesso em: 24 abr. 2017.

COPAFAER. **Argila expandida**. Disponível em: <<https://www.copafer.com.br/argila-expandida-saco-50lts-cinasita-p1083449>>. Acesso em: 10 out. 2017.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro. : LTC, 2006.

DALEY, Richard M. **A guide to rooftop gardening**: from the city of Chicago. 2006. Chicago Department of Environment. Disponível em: <http://naturcycle.com/wpcontent/uploads/2016/12/GuidetoRooftopGardening_v2.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2017.

DORNELLES, Fernando; TASSI, Rutinéia; GOLDENFUM, Joel A. Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 59-68, 2010.

EDWARDS, Brian. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008.

FANTINATTI, Pedro; ZUFFO, Antonio Carlos; ARGOLLO, André Munhoz. **Indicadores de sustentabilidade em engenharia**: como desenvolver. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FERREIRA, César Argentieri; MORUZZI, Rodrigo Braga. Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. In: IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. Universidade Estadual Paulista p. 1-10.. **Anais...** . Campo Grande, 2007.

FERREIRA, Manoela de Freitas. **Teto verde**: o uso de coberturas vegetais em edificações. 2007. 12 p. Artigo acadêmico. Departamento de Artes e Design. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manoela_de_freitas_ferreira.pdf> Acesso em: 30 maio 2017.

FLORIANÓPOLIS. Poder Legislativo Municipal – Câmara Municipal de Florianópolis. **Lei nº 1.213** de 2013. Dispõe sobre o código de obras e edificações de Florianópolis. Disponível em: <<http://www.cmf.sc.gov.br/noticias/662abac3-09c5-4304-b51e-3e46cefa2b12>>. Acesso em: 24 maio 2017.

FONTANELA, Eduardo. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial**. 2010. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2010.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – Centro de Estatísticas e Informações. **Déficit habitacional total, relativo e por componentes**. 2014. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

GNIPPER, Sergio Frederico. 2017. **Transbordamento**: Antes de aumentar a seção das calhas, melhore o desempenho dos condutores verticais. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=121>> Acesso em: 16 set. 2017.

GRAMEIRA VALE. **Produtos e serviços: grama esmeralda**. 2017. Disponível em: <<https://www.grameiravale.com.br/produtos>> Acesso em: 26 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados gerais do município de Joinville, Santa Catarina**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=420910&search=santa-catarinal|joinville|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>> Acesso em: 12 ago. 2017

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **O planejamento da habitação de interesse social no Brasil: desafios e perspectivas**. Comunicado nº118. Governo Federal, 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/111025_comunicad_oipea118.pdf> Acesso em: 12 abr. 2017.

INTERNATIONAL GREEN ROOFS ASSOCIATION. **A quick guide to green roof**, 2014. Disponível em: < http://www.igra-world.com/links_and_downloads/images_dynamic/IGRA_Green_Roof_Pocket_Guide_2014.pdf >. Acesso em: 08 ago. 2017.

JOBIM, Alan Lamberti. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. 2013. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

JOINVILLE. Poder Legislativo Municipal. Câmara de Vereadores de Joinville. **Lei nº 220** de 03 de outubro de 2006. Dispõe sobre o aproveitamento das águas pluviais nos casos que especifica e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/j/joinville/lei-complementar/2006/22/220/lei-complementar-n-220-2006-dispoe-sobre-o-aproveitamento-das-aguas-pluviais-nos-casos-que-especifica-e-da-outras-providencias.html>>. Acesso em: 24 maio 2017.

_____. **Joinville: Cidade em dados**. 2017. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2016/01/Joinville-Cidade-em-Dados-2017.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

LORENZI, Harri. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2015.

KEELER, Marian; BURKE Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KLEIN, Lais de Bortoli. **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas**. 2017. 181 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

KREBS, Lisandra Fachinello. **Coberturas vivas extensivas: análise da utilização em projetos na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha**. 2005. 184 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

ISÓFERES – Comércio e Representação LTDA. **Composições para concreto leve de EPS**. Disponível em:

<<http://www.isoferes.com.br/imagens/ARQUIVOS%20PDF%20SITE/CONCRETO%20LEVE.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2017.

LEROY MERLIM. **Construção, acabamento, decoração e jardinagem**. Disponível em: <<https://www.leroymerlin.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

LIU, Karen; BASKARAN, Ramasami. Using Garden roof systems to achieve sustainable building envelopes. **Institute for Research in Construction**, New Orleans, USA, n. 65, 2004.

LOPES, Daniela Arantes Rodrigues. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura vedada leve (cvl) e diferentes sistemas de cobertura**. 2007. 145 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTIN, Bruce Keith. **The dynamics stormwater response of a green roof**. Tese apresentada à Universidade de Guelph, Ontario, Canadá, para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura Paisagista, 2008, 76 p.

MILLER, Ana Priscilla Romero Rodrigues. **Análise do comportamento de substrato para retenção de água pluvial para coberturas verdes extensivas em Curitiba – PR**. 2014. 93 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

MINKE, Gernot. **Techos verdes**. Espanha: EcoHabitar, 2005.

MONTEIRO, Deyvid Aléx de Bitencourt. **Proposta de um método para avaliação da percepção de valor em empreendimentos habitacionais de interesse social**. 2015. 233 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015

NIACHOU, A. et al. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. **Energy and Buildings**. Lausanne, v. 33, p.719-729, 2001.

OLIVEIRA, Eric Watson Netto de. **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, Tarcísio Dorn; CHRISTMANN, Samara Simon; PIEREZAN, Juliene Biazzi. Aproveitamento, captação e (re)uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto**. Universidade de Cruz Alta, v.2, n.2, p. 1-15, 2014.

OHNUMA JÚNIOR, Alfredo Akira. **Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. 2008. 331 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

QUADRO, Mario F. Leal de et al. **Climatologia de precipitação e temperatura**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

ROLA, Sylvia Meimaridou. **A maturação como ferramenta para a sustentabilidade de cidades**: Estudo da capacidade do sistema de maturação em filtrar a água da chuva. 2008. 222 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências em Planejamento Energético, Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

SAVI, Adriane Cordoni. **Telhados verdes**: uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba. 2015. 200 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Agosto, 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662> Acesso em: 02 out. 2017.

TABELAS DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS. 13. ed. São Paulo: Pini, 2008.

TECNOTRI. **Cisterna vertical modular 1050 L – kit reuso de água**. Disponível em: <<https://www.tecnutri.com.br/produto/cisterna-vertical-modular-1050l-kit-reuso-de-agua/>>. Acesso em: 13 out. 2017.

TEIXEIRA, Paula de Castro. **Qualidade da água drenada por coberturas verdes para fins de aproveitamento em edifícios**. 2013. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Campinas. Campinas, 2013.

TESSARI, Janaina. **Utilização do poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. 2006. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

TIGRE. **Orientações técnicas sobre instalações de drenagem**: Águas Pluviais e Drenagem. 2016. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-drenagem.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2009. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: 09 ago. 2017.

UNIVILLE. **Dados meteorológicos de Joinville/SC.** Disponível em: <<http://www.univille.edu.br//pt-br/maisuniville/metereologia/dados-meteorologicos/645897>>. Acesso em: 25 set. 2017.

VIOLA, Heitor; NUNES, Riane Torres S.; FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de. Aproveitamento de águas pluviais como potencial ação mitigadora dos efeitos das mudanças climáticas: o caso da Cidade do Samba no Município do Rio de Janeiro. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p. 1-17. **Anais...** 2007.

APÊNDICE A – Dimensionamento sistema de bombeamento

Tabela A.1 – Dados para dimensionamento

Dados	
Consumo Diário (m ³)	0,434
Regime de Trabalho (h)	4
Material tubulação	PVC
Rendimento	0,52
Vazão	
Q (m ³ /s)	3,01E-05
Q (l/s)	3,01E-02
Diâmetro Tubulação	
X	0,17
Tubulação Recalque	
D (mm)	4,560
∅ nominal (mm)	20
∅ interno (mm)	17
Tubulação de Sucção	
∅ nominal (mm)	25
∅ interno (mm)	21,6

Tabela A.2 – Comprimentos equivalentes das conexões

Conexões	Comprimentos Equivalentes					
	Recalque			Sucção		
	Comp. Eq.	Qtidade	Total	Comp. Eq.	Qtidade	Total
Joelho	1,1	4	4,4	1,2	2	2,4
Válvula de pé com crivo			0	9,5	1	9,5
União	0,1	1	0,1			
Válvula de retenção	2,5	1	2,5			
Entrada	0,8	1	0,8			
Registro de gaveta	0,1	1	0,1	0,2	1	0,2
TOTAL			7,9			11,9

Tabela A.4 – Perda de carga

Perda de Carga			
Recalque		Sucção	
Nominal		Nominal	
J (m/m)	0,001	J (m/m)	0,000
h (m)	0,020	h (m)	0,006
Interno		Interno	
J (m/m)	0,003	J (m/m)	0,001
h (m)	0,043	h (m)	0,013

Altura Manométrica			
Recalque		Sucção	
Altura Geométrica (m)	4,175	Altura Geométrica (m)	2,2
Altura Perda de Carga (m)	0,02	Altura Perda de Carga (m)	0,01
TOTAL (m)		6,40	

Tabela A.5 – Potência calculada em cv

Potência (cv)
0,00495

**APÊNDICE B – Detalhamento da composição dos custos das conexões
utilizadas para dimensionamento hidráulico**

Tabela B.1 – Detalhamento das conexões e respectivos custos

Descrição	Quantidade	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Conexões				
Joelho PVC soldável, 90°, 20 mm, para água fria predial	14	Unidade	0,37	5,18
Joelho PVC soldável, 90°, 25 mm, para água fria predial	2	Unidade	0,55	1,1
Tê soldável PVC, 20 mm, para água fria predial	1	Unidade	0,66	0,66
Registro de gaveta bruto, bitola 3/4", 20 mm	2	Unidade	15,44	30,88
Registro de gaveta bruto, bitola 1", 25 mm	1	Unidade	24,37	24,37
Válvula de retenção de bronze, pé com crivos, extremidade com rosca, 1", 25 mm	1	Unidade	36,49	36,49
Válvula de retenção horizontal, de bronze, 3/4", 20 mm	1	Unidade	52,74	52,74
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 20 mm x 1/2", para caixa d'água	2	Unidade	7,1	14,2
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm x 3/4", para caixa d'água	2	Unidade	9,19	18,38
Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 50 mm x 1 1/2", para caixa d'água	4	Unidade	11,57	46,28
Adaptador soldável de PVC para água fria, 20 mm x 1/2"	4	Unidade	0,51	2,04
Adaptador soldável de PVC para água fria, 25 mm x 3/4"	2	Unidade	0,58	1,16
Flange latão água quente e fria 3/4 " para saída de caixa d'água ²	2	Unidade	9,39	18,78
União PVC soldável 20 mm para água fria predial	1	Unidade	4,75	4,75
SUB-TOTAL				257,01