

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUSTAVO FORASTIERE SIMONELI

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE UM TELHADO
VERDE ACOPLADO Á UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
PLUVIAIS NO BLOCO H DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA
FEDERAL DO PARANÁ, *CAMPUS* CAMPO MOURÃO.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2015

GUSTAVO FORASTIERE SIMONELI

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE UM TELHADO
VERDE ACOPLADO Á UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
PLUVIAIS NO BLOCO H DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA
FEDERAL DO PARANÁ, *CAMPUS* CAMPO MOURÃO.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Roberto Widderski

CAMPO MOURÃO

2015

Ministério da Educação



Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Câmpus Campo Mourão

Diretoria de Graduação e Educação Profissional

Departamento Acadêmico de Construção Civil

Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE UM TELHADO VERDE ACOPLADO A UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BLOCO H DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, CAMPUS CAMPO MOURÃO.

por

Gustavo Forastiere Simoneli

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 11:00 do dia 26 de Junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

(UTFPR)

Prof^a. Msc. Luiz Becher

(UTFPR)

Prof. Msc. Roberto Widerski

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre iluminar meu caminho e me dar forças nos momentos mais difíceis, sem Ele esse sonho não seria possível.

Agradeço aos meus pais, Fatima e Jorge, por sempre estarem ao meu lado, me segurando nos momentos em que fraquejava, mostrando sempre o melhor caminho para seguir e por me dar todo o suporte possível para que fosse possível entrar nesta universidade e finalizar este curso.

Aos meus irmãos, Douglas e Rodrigo, por me suportar nos momentos de nervosismo e estarem presentes nos momentos mais difíceis e felizes da minha graduação.

Ao meu orientador Mestre Roberto Widerski, pela confiança depositada, sempre me auxiliando nos momentos em que era solicitado.

Agradeço aos meus colegas de turma Carlos Eduardo, Allan, Rodolfo Possani, Guilherme Sica, Roberto Coelho e Bruna Tamara por inúmeros trabalhos e horas de estudo ao meu lado, seja no começo ou no fim de minha graduação, cada um deles contribuíram de forma direta para o meu crescimento.

Aos meus grandes amigos que sempre estiveram do meu lado nesse tempo de graduação, obrigado por ficarem ao meu lado, serei sempre grato a tudo que fizeram por mim: Jade, Lacerda, Ivanara, Alessandra, Pierri, Bacarini e Elder, este ultimo um grande amigo que me estendeu a mão sempre, seja para um impasse na graduação ou para um problema pessoal.

E por fim agradeço a todos os meus professores que contribuíram diretamente para a minha formação acadêmica, dividindo um pouco de seu conhecimento.

RESUMO

SIMONELI, G. F. **Estudo da viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais acoplado a cobertura verde para o bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.** 2015. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais acoplado a uma cobertura verde. Levando em consideração o fato de a universidade ser um órgão público, recebendo um grande número de pessoas diariamente, e, portanto necessitando de limpeza e de higienização, utilizando assim, uma quantidade de água potável elevada para fins não potáveis. No estudo em questão foram pesquisados os volumes de água potável gastos na universidade com limpeza e utilização dos aparelhos sanitários, e aliado à posse dos dados pluviométricos da cidade foi possível realizar um estudo, através do método de Rippl, para o cálculo de uma cisterna ideal, e foi constatado que devido as condições da universidade, o uso do telhado verde acoplado a um sistema de aproveitamento de águas pluviais não consegue atender a demanda para toda utilização de água potável para fins não potáveis na edificação, pois seria necessário uma cisterna de tamanho muito elevado. Sendo assim foi considerado somente para o uso de aparelhos sanitários, tendo uma cisterna de 10 metros cúbicos e um reservatório elevado de 1,75 metros cúbicos. Além disso, através dos dados climatológicos do município e uma análise no benefício térmico que a cobertura verde trás para a edificação, ficou evidente a melhoria do conforto térmico no bloco em estudo, devido a utilização da cobertura verde. Em posse do sistema calculado, foi possível realizar um orçamento para a implantação dessa solução sustentável, tendo um retorno financeiro em aproximadamente 135 anos e economizando um total de 300 m³ de água potável por ano.

Palavras-chave: Cobertura verde. Águas pluviais. Sustentabilidade. Conforto Térmico.

ABSTRACT

SIMONELI, G. F. **Study the viability of the implantation of rainwater captation system coupled to a green roof for the H block in the Federal Technology University.** 2015. 52 pages. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – **FEDERAL TECHNOLOGY UNIVERSITY – PARANÁ.** Campo Mourão, 2015.

This study aimed to assess the feasibility of the implantation of a system of utilization of rain waters coupled to a green cover. Considering the fact that the university is a public place that receives a large number of people every day, it need to be clean. But, it is using potable water for non-potable purposes. In this study, the volumes of clean water spent at the university with cleaning and utilization of sanitary appliances were researched and combined to the rainfall data of the city. Making it possible to accomplish a study, through the Rippl method, to calculate an ideal cistern. it was found that, due to the university conditions, the use of green roof connected to a rainwater utilization system, can not comply with the demand for all the use of potable water for non-potable purposes in the building, because would be necessary a tank with a very big size. So it was considered only for sanitary appliances use. Containing a cistern of 10 cubic meters and an elevated reservoir of 1.75 cubic meters. Also through the climatological data of the city and the analysis of the thermal benefits that the green cover bring to the building, an improvement in the thermal comfort became clear, due to the use of the green cover. With the calculated system, it was possible to conclude a budget for the implementation of this sustainable solution, receiving a payback in about 94 years and saving a total of 300 m³ of potable water per year.

Keywords: Green roof; Rain waters; Sustainability; Thermal Comfort.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	24
FIGURA 2. DESENHO ESQUEMÁTICO DO BLOCO ADOTADO.	33
FIGURA 4- MOTOBOMBA ACM 75.....	38

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. MÉDIA DO ÍNDICE CLIMATOLÓGICO DE CAMPO MOURÃO.	29
TABELA 2. MÉDIA DOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DE CAMPO MOURÃO.....	30
TABELA 3. TEMPERATURA NA EDIFICAÇÃO COM A IMPLANTAÇÃO DO TELHADO VERDE.....	31
TABELA 4. METODO DE RIPPL PARA A OBTENÇÃO DO VOLUME DA CISTERNA (M ³).....	36
TABELA 5. METODO DE RIPPL PARA A OBTENÇÃO DO NOVO VOLUME DA CISTERNA (M ³).....	37

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PERÍODO DE FÉRIAS ENTRE OS MESES DE JANEIRO A FEVEREIRO.....	34
QUADRO 2 - PERÍODO DE AULAS ENTRE OS MESES DE MARÇO A DEZEMBRO.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE	15
4.2 ESCASSEZ DA ÁGUA POTÁVEL	16
4.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	17
4.3.1 Sustentabilidade na construção civil	18
4.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	19
4.5.1 Legislação sobre o aproveitamento de águas pluviais no Brasil	20
4.5.2 Padrões de qualidade de água	20
4.6 TELHADO VERDE	21
4.6.1 Benefícios para o meio ambiente	21
4.6.2 Benefícios para a edificação	21
4.6.3 Tipos de telhado verde	22
4.6.4 Detalhamento construtivo do telhado verde	23
4.7 CUSTOS	23
5 MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	24
5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS	25
5.2.1 Índice climatológico	25
5.2.2 Índice pluviométrico	25
5.2.3 Área de captação de água	25
5.3 TEMPERATURA AMBIENTE NA EDIFICAÇÃO	26
5.4 COMPOSIÇÃO DO TELHADO VERDE	26
5.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	26
5.6 ORÇAMENTO	28
5.7 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA	28
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	29
6.1.1 Índice climatológico	29
6.1.2 Índice pluviométrico.....	30
6.1.3 Área de captação de água	31
6.2 TEMPERATURA AMBIENTE NA EDIFICAÇÃO	31
6.3 COMPOSIÇÃO DO TELHADO VERDE	32
6.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	33
6.5 ORÇAMENTO	38
6.6 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA.....	40
7 CONCLUSÃO	41
8 REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE A – ÁREA DE CAPTAÇÃO	47
APÊNDICE B – VISTA E DETALHAMENTO PLANTA BAIXA.....	48
APÊNDICE C – VISTA LOCAÇÃO DA CISTERNA	50
APÊNDICE D – PERFIL DA LOCAÇÃO DA CISTERNA.....	51

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional mundial esta em um ritmo incrivelmente acelerado, sendo que, as áreas urbanizadas crescem de formas equivalentes ou até superiores, ocorrendo um aumento na geração de poluentes que atingem diretamente o meio ambiente. Tagore (2009) afirma que a humanidade apresenta evoluções acontecendo com mais rapidez, apresentando uma melhora em tecnologias e um aumento populacional consideravelmente alto.

A amplificação das regiões urbanas gerou uma redução dos espaços verdes e conseqüentemente os habitantes sentiram diretamente os efeitos dessas ações. Sendo responsável por causar o aquecimento do ar, a diminuição da umidade do ar, e pela ocorrência de enchentes numa frequência maior.

Porém os problemas não são somente a falta de áreas verdes, com o adensamento populacional o consumo de água potável aumentou consideravelmente, e conseqüentemente elevou-se desperdício que ocorre em residências. Em um estudo Frenderich (2002) revelou que apenas 45% de água potável utilizada em residências destina-se ao consumo humano, portanto a utilização de água potável e os excessos que ocorrem da mesma para fins não potáveis vem se tornando uma situação alarmante para um futuro próximo.

Com todas esses agravantes, a busca de um equilíbrio entre o crescimento e a preservação do meio ambiente se tornou inevitável, se tornando indispensável a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a expansão urbana e a preservação do meio ambiente, podendo definir o termo “sustentabilidade” que é conceituado por Brundtland (1987) sendo a: “Qualidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazer as suas próprias.”.

Pensando nisso, foi observado que é necessário apenas mudar a forma de realizar este crescimento, com o correto planejamento é possível expandir sem degradar o meio ambiente, é claro que ainda haverá o uso dos recursos que a natureza oferece para nós, porém respeitando o ciclo de renovação dos mesmos.

A utilização de coberturas verdes, que são formadas por varias camadas sobrepostas sobre a laje, tendo a vegetação adequada ás condições ambientais da região, e um sistema de captação de águas pluviais, utilizando a água captada da chuva e a direcionando para fins não potáveis em residências, consegue se encaixar em todos os quesitos necessários para reduzir consideravelmente os danos causados pelo homem no meio ambiente e o desperdício que ocorre nas edificações.

Com isto, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade da utilização de um telhado verde junto a um sistema de captação de água, por meio de um estudo teórico no bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão, a fim de evitar o desperdício de água potável para fins não potáveis, utilizando águas pluviais e melhorar o conforto térmico da edificação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar teoricamente a viabilidade da implantação de um sistema de captação de água acoplado a um telhado verde na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reduzir o uso de água potável para fins não potáveis;
- Apresentar este sistema como uma solução de conforto térmico do ambiente interno da edificação;
- Analisar a economia de água potável na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com a utilização de um sistema de captação de água acoplado ao telhado verde;

3 JUSTIFICATIVA

É fato que o crescimento do país está diretamente ligado ao aumento das áreas urbanizadas. Porém o planejamento deste processo urbano foi realizado exclusivamente para o crescimento urbano sem considerar como isso afetaria o meio ambiente. Devido ao desmatamento realizado para a expansão urbana, houve uma falta de vegetação nas cidades, e a população começou a sentir os efeitos da ausência de vegetação, sendo eles, aumento de temperatura, enchentes e um ar mais poluído.

Acompanhado ao crescimento urbano, houve um aumento na população mundial, conseqüentemente aumentou a produção de resíduos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos, e por não haver uma quantidade significativa de áreas arborizadas, acabou ultrapassando cada dia mais os limites de renovação do meio ambiente.

Ainda como resultado dos efeitos da urbanização, há um acréscimo no consumo de água nas residências, e conseqüentemente, houve um aumento devido a utilização de água potável para fins não potáveis analisando o desperdício de água potável dos moradores em suas respectivas casas. Sendo assim, aumenta cada vez mais o risco de uma futura crise devido a escassez da água potável, podendo comprometer as futuras gerações.

Portanto é necessário aliar o crescimento urbano com a preservação do meio ambiente, sendo de suma importância o desenvolvimento de construções sustentáveis, podendo assim expandir a área urbana sem danificar o meio em que vivemos.

O uso do telhado verde com um sistema simples de captação de água se torna uma ótima alternativa sustentável para os problemas citados, contribuindo para amenizar os prejuízos da natureza, reduzindo os efeitos sentidos pela população e evitando um desperdício ainda maior de água potável.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Desde os primórdios a humanidade sempre fez uso dos recursos naturais disponíveis, com o princípio básico de manter a sua sobrevivência. Porém no decorrer do tempo foi-se notado um comportamento agressivo por parte do homem com relação a natureza, desencadeando uma série de problemas ambientais que vem sendo refletido no meio ambiente e na população. É notável, que vem se criando uma situação cada vez mais instável, entre homem e meio ambiente.

Para se entender melhor os problemas de degradação ambiental é necessário definir o conceito de meio ambiente perante as leis nacionais, que segundo a legislação do Brasil, é definida pela lei 6938/81 no art. 3º, I, que discorre sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, ao qual descreve que meio ambiente “é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

Altamente ligada ao desenvolvimento dos países e conseqüentemente a degradação do meio ambiente, esta a construção civil. Segundo Souza (2004), a mesma tem gerado discussões por procurar uma forma de sustentabilidade, já que é um dos empreendimentos que mais consomem recursos naturais.

“A construção civil exerce grande impacto sobre o meio ambiente, consumindo de 40% a 75% dos recursos naturais extraídos do planeta, desconsiderando água e energia”. (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTAVEL, 2009).

Devido a alta retirada de matéria prima para o desenvolvimento das áreas urbanas, os danos acabam sendo amplificados. Coachman (2011) justifica dizendo que a falta de consciência ao retirar matéria prima em grande escala, sem respeitar o ciclo de renovação desses recursos, é o grande motivo da degradação ambiental.

Então é necessário que hajam alternativas sustentáveis para que se reduzam os efeitos sentidos pelo meio ambiente devido à degradação ambiental, encontrando um equilíbrio entre o desenvolvimento e o meio ambiente, onde se possa desenvolver sem causar danos ao mesmo.

4.2 ESCASSEZ DA ÁGUA POTÁVEL.

Basicamente a água é um dos poucos recursos naturais que estão ligados a humanidade desde os primórdios da civilização. A partir de estudos geo-ambientais mostrou-se que 70% da superfície do planeta é constituído por água, e somente 3% disso tudo é água doce, e desse total de água doce, 2% não está concentrada em áreas subterrâneas.

Sabe-se que a água é um elemento essencial à vida na terra, seja para os humanos ou para o ecossistema, é um bem indispensável. Porém a mesma com toda a sua grande importância sendo reconhecida, há um alto desperdício por parte da população, sendo que este recurso hídrico é utilizado para diferentes atividades na sociedade, podendo haver uma alteração na sua qualidade, arriscando futuras gerações.

Devido a degradação do meio ambiente, e o aumento de poluição gerada pela humanidade, é necessário uma mudança de atitude da população para que seja evitado uma futura escassez deste recurso finito.

“Os grandes problemas com o gerenciamento da água são devidos a expansão dos centros urbanos e a disponibilidade limitada dos recursos hídricos.”
(VICTORINO, 2007)

Victorino (2007) justifica ao assunto afirmando.

Regiões que antes tinham quantidades em recursos hídricos, hoje começam a dar sinais de escassez, e a explicação é o desperdício com a exploração excessiva, o assoreamento dos rios e a poluição das fontes. E todos esses problemas têm origem, quase sempre, na

explosão da agricultura industrial que serve para alimentar os milhões de habitantes das cidades. (VICTORINO, 2007)

Victorino (2007) ainda complementa dizendo que com o crescimento demográfico e econômico do Brasil nos últimos anos, houve um grande consumo dos recursos hídricos que foi além de sua capacidade de renovação.

4.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL.

A primeira definição de desenvolvimento sustentável, surgiu no relatório de Brundtland em 1987, onde é “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

Porém a expressão “desenvolvimento sustentável” gerou críticas, como explica Viana (2006):

“As críticas por causa da contradição que se verificava nos próprios termos da expressão. A categoria “desenvolvimento” é tirada da economia realmente existente que é a capitalista, ordenada pelos mercados hoje mundialmente articulados. Ela possui uma lógica interna fundada na exploração sistemática e ilimitada de todos os recursos da terra para atingir três objetivos fundamentais: aumentar a produção, o consumo e produzir riqueza. Primeiramente para que se consiga atingir a sustentabilidade é necessário o reconhecimento de que os recursos disponíveis no meio ambiente são finitos.”(VIANA, 2006).

“A economia não pode ser vista como um sistema dissociado do mundo da natureza, pois não existe atividade humana sem água, fotossíntese ou ação microbiana no solo.” (CAVALCANTI, 1994).

O canadense Strong (1973) definiu caminhos para que se possa atingir o desenvolvimento sustentável, que seria satisfazer as necessidades básicas do

homem; solidarizar com as futuras gerações; colaboração da população; preservar os recursos naturais; e programas de educação.

Portanto a necessidade de uma harmonia entre o homem e o meio ambiente é extremamente importante para a sobrevivência de ambos, se a população desenvolver a consciência dessa importância, buscando soluções para esses problemas e sem esquecer-se das consequências que seus atos podem trazer ao mundo, pode ser possível atingir o desenvolvimento sustentável, garantindo as demais gerações que estão por vir.

4.3.1 Sustentabilidade na construção civil

O conceito de construção sustentável é definido por Araújo (2013) sendo uma construção que de atenção para que seja feita alterações conscientes para que se atendam as necessidades da edificação e do homem, e ainda preservando o meio ambiente, os recursos naturais e garantindo qualidade de vida para gerações futuras.

O portal Ambiente Brasil diz que a construção sustentável tem sua base definida no desenvolvimento dos modelos que possam permitir que a construção civil enfrente e proponha soluções aos problemas ambientais, sem renunciar a tecnologia e a criação de edificações que auxiliem as necessidades de seus usuários.

Edificação sustentável é aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício. (ISO/TC 59/SC3 N 459)

Duarte (2011) explica que os efeitos negativos sentidos no ambiente não só somente pela ação de construção de uma obra, mas da sua finalidade e da sua desconstrução, porém pode ser gerido de uma forma que seja ao mesmo tempo

ambiental, econômica e socialmente responsável, julgando os consumos, as emissões de poluentes e os resíduos gerados.

4.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Frederich (2002) realiza um estudo para estimar a distribuição de água potável nas residências, e chegou à conclusão que apenas 45% do uso total da água potável utilizada em residências, é para fins de consumo humano, o restante são todos para fins não potáveis. Portanto fica claro a necessidade de utilizar outros recursos para substituir o uso de água potável para fins não potáveis, e o reaproveitamento de águas pluviais em residências surge como uma alternativa viável e imediata.

4.5 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.

O alto uso de água potável para fins não potáveis e a necessidade de atitudes sustentáveis, faz a sociedade pensar em alternativas como reaproveitar a água de chuva, sendo uma atitude com um alto custo benefício, pois reduziria o consumo de água vindo da rede pública e diminuiria o desperdício de água nas residências.

Captação de águas pluviais pode ser definida por Lemos (2008) sendo o direcionamento do volume captado pela cobertura conduzindo até um reservatório por meio de calhas dotadas por uma tela metálica, retendo as partículas sólidas. Devendo ter outro sistema para descartar de forma automática o volume de água coletado nos minutos iniciais da chuva, que na maioria das vezes tem concentração de carga poluidora alta. E do reservatório a água é direcionada para a distribuição para fins não potáveis.

Um estudo realizado por Castelucci (2010), que foi a instalação de um sistema de captação de água em uma escola, comprovou a viabilidade do uso de

captação de água tanto ecológico quanto econômico, pois há um retorno financeiro em até três anos e meio.

4.5.1 Legislação sobre o aproveitamento de águas pluviais no Brasil

O Brasil ainda carece de normas técnicas que possam auxiliar no momento de utilizar sistemas de aproveitamento da água de chuva, porém há estados que desenvolveram suas legislações para a coleta da água de chuva, seja para conter o escoamento em grandes centros ou fazer um uso controlado da mesma.

Nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, foram estabelecidas suas próprias leis. Em São Paulo, a Lei Nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007, para obras com área maior que 500 m², é necessário a coleta de chuva a fim de evitar inundações. A água que é coletada devera ser encaminhada á um reservatório que poderá ser despejada na rede de drenagem, ou ser utilizada para fins não potáveis. Em Curitiba, Paraná, a Lei Nº 10.785, criada em 2003, determina a criação do Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações, para que se iniciasse um uso econômico de água potável.

4.5.2 Padrões de qualidade de água

Com o intuito de aproveitar ao máximo as vantagens da coleta da água de chuva, é necessário criar padrões de qualidade para o uso que for destinado.

Porém no Brasil não existe legislações específicas que possam auxiliar no aproveitamento de água da chuva, para definir os padrões de qualidade dessa água que é coletada e os usos que podem ser destinados.

No Brasil as leis que estabelecem esses parâmetros da qualidade de água tratada é a Portaria N°518/04 do Ministério da Saúde (MS), ainda existe a Resolução CONAMA N°357/05, que define os padrões de qualidade para corpos d'água e a CONAMA N°274/00 que estabelece os padrões de balneabilidade.

4.6 TELHADO VERDE

Os telhados verdes aparecem como grandes contribuintes da sustentabilidade em ambientes urbanos. São compostos por um sistema de seis camadas sobrepostas a cobertura da edificação, trazendo vários benefícios para os moradores e para o meio ambiente.

4.6.1 Benefícios para o meio ambiente

Segundo Sabbagh; Armondi; Viollato (2010) o telhado verde favorece o meio ambiente das seguintes formas: reduz os efeitos das ilhas de calor urbanas que ocorrem nos grandes centros; melhora o estado da qualidade do ar nas cidades, pois a capacidade da vegetação de absorver o CO₂; diminui a ocorrência de ventos; filtra o ar absorvendo partículas de pó até 85%; há uma redução do escoamento de águas pluviais em até 70%, e conseqüentemente uma diminuição de pressão nos esgotos localizados nas cidades.

4.6.2 Benefícios para a edificação

Dentre as vantagens dispostas para os proprietários, pela cobertura verde, o IGRA (2014) destaca: a expectativa de um telhado convencional varia entre 15 anos a 25 anos, devido aos processos químicos, físicos e biológicos que eles sofrem com o tempo, utilizando à cobertura verde a duração dos telhados aumentam consideravelmente; redução dos níveis de particulados e poluentes da atmosfera,

afirmando que um metro quadrado de telhado verde pode filtrar 0,2kg de partículas de poluentes e poeira; podem absorver até 80% da entrada de energia e reduz os efeitos de calor em decorrência da transpiração dos vegetais que umidificam o ar; o escoamento para os sistemas de drenagem através do uso do telhado verde que pode ser reduzido de 50% a 90%, já que a maior parte dessa retenção retorna ao ciclo natural da água por meio da transpiração/evapotranspiração; uma redução nos níveis de ruídos, podendo reduzir a reflexão do som em até 3dcb (decibéis) e melhorar o isolamento acústico em até 8dcb.

O Bureau of Environmental Services (2008) realizou um estudo na cidade Portland (EUA), com o uso da cobertura vegetal, afirmando as vantagens recebidas pelos moradores, sendo elas: retenção do volume da água entre 10-35% durante a estação chuvosa e 65-100% durante a estação seca; o custo varia entre 54 a 130 USD/m² (United States Dollars) em novas obras e entre 75 a 215 USD/m² nas reformas; em ambientes urbanos muito densos, tal solução acaba por amortecer ruídos e eliminar brilhos provenientes de alguns tipos de telhados convencionais; possui uma camada de proteção à prova de água, que protege contra raios solares e variações de temperatura por mais de 36 anos.

Catuzzo (2013) ainda afirma que após um experimento comparando duas coberturas, uma verde e outra convencional, na capital de São Paulo, foi notado que a temperatura na edificação verde ficou até 5,3 graus celsius menor que a do telhado convencional.

Silva (2011) afirma que “o telhado verde tem uma forte capacidade de retenção de água, aumentando assim o controle de escoamento de águas pluviais”.

4.6.3 Tipos de telhado verde

Para a escolha da opção de telhado verde utilizada na obra, é necessário analisar o tipo de laje onde será instalada e o objetivo almejado, assim após concluir essas etapas poderá ser escolhido entre extensivo, intensivo ou semi-intensivo.

O IGRA (2011) descreve os critérios que podem ser analisados para definir as três formas de telhado verde: extensivo: tem configuração de um jardim, com plantas

rasteiras de pequeno porte. A altura da estrutura, descontada a vegetação, vai de 6 cm a 20 cm. O peso do conjunto fica entre 60 kg/m² e 150 kg/m²; intensivo: comporta plantas de nível médio a grande em uma estrutura de 15 cm a 40 cm. A carga prevista varia entre 180 kg/m² e 500 kg/m²; semi-intensivo: esse tipo intermediário tem vegetação de porte médio plantadas num sistema de 12 cm a 25 cm. Podendo realizar uma carga de 120 kg/m² a 200 kg/m².

4.6.4 Detalhamento construtivo do telhado verde

O telhado verde é composto basicamente por 6 camadas, sendo elas a camada de regularização, a impermeabilizante, de drenagem, de filtração, de proteção contra raízes e a camada de vegetação.

4.7 CUSTOS

No Brasil, o valor varia entre os tipos de telhado verde existente, porém em média o custo do metro quadrado é de R\$140,00. (TRIGUEIRO, 2013)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Este tópico relata a metodologia aplicada no desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso, para a concretização dos objetivos propostos.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O estudo foi realizado no bloco H da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada na BR 369 – km 05, situado na cidade de Campo Mourão. O município está localizado no centro oeste paranaense, e de acordo com Martins (2003), o clima mourãoense é subtropical mesotérmico, possuindo verões quentes e geadas com pouca frequência, com concentração de chuva nos meses de verão, não possuindo estação de seca definida.



Figura 1. Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fonte: MAPAS. Google Earth. Disponível em: Google Earth.

5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

5.2.1 Índice climatológico

A fim de estimar a temperatura da edificação com a utilização do telhado verde, é necessário primeiramente obter o índice climatológico da cidade, que é responsável por indicar a temperatura do período desejado, neste caso de janeiro a dezembro. Assim sendo os dados climatológicos da cidade foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia, para o ano de 2014.

5.2.2 Índice pluviométrico

Com o intuito de avaliar a quantidade volumétrica de água coletada, é de suma importância a posse dos índices pluviométricos do município. O índice pluviométrico é responsável por informar a quantidade de chuva, em milímetros, que se obteve em um determinado tempo.

Dessa forma foi obtido os dados pluviométricos da cidade, fornecidos pela estação climatológica de Campo Mourão, e realizado a média dos últimos 10 anos, entre 2004 e 2014, para a obtenção de valores mais constantes, devido a variação que ocorre de um ano para o outro.

5.2.3 Área de captação de água

As dimensões da cobertura da edificação foram retiradas dos projetos cedidos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Devido à necessidade de manutenção na cobertura verde, a implantação da mesma foi realizada considerando a divisão em seis módulos, havendo um espaço entre eles que será composto pelo material já utilizado nas coberturas da

universidade. Assim sendo, a área de captação consiste da soma dos seis módulos e das áreas que servirão como corredores, totalizando o uso total da cobertura.

5.3 TEMPERATURA AMBIENTE NA EDIFICAÇÃO

Em posse dos dados médios de temperatura do município, foi realizado uma redução de 4°C. Para a realização desta diminuição, houve o embasamento teórico no estudo realizado por Catuzzo (2013), onde o autor comprova, através de experimentos práticos, que o uso da cobertura verde reduz a temperatura interna da edificação em até 5,3°C.

5.4 COMPOSIÇÃO DO TELHADO VERDE

Com base na revisão bibliográfica, aliado a realização de um estudo na região de Campo Mourão, ao bloco H da UTFPR e a uma pesquisa de mercado, foi realizado uma pesquisa para encontrar a melhor composição para a cobertura verde.

5.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Para que nas épocas de estiagem não ocorra uma possível falta de água na para o sistema, é de suma importância o correto dimensionamento do reservatório elevado e da cisterna, evitando também que não ocorra um trabalho desnecessário da bomba d'água. O dimensionamento do sistema de aproveitamento de água foi baseado nos estudos realizados por Kruger (2012).

Primeiramente foi realizado o dimensionamento da cisterna, para isso foi utilizado o método de Rippl, presente na NBR 15527:2007. Segundo Ghisi, o método consiste no cálculo de volume de armazenamento necessário para que se possa assegurar uma vazão estável e constante durante o período mais crítico da

estiagem. A fim de realizar o método foi utilizado os dados pesquisados por Krueger (2012), para o calcular a quantidade do consumo médio por mês.

Para determinar o volume através do método de Rippl, foi utilizado a equação 1, de acordo com a NBR15527:2007:

$$V_{rip} = \sum_{i=1}^d S(t)$$

Onde:

V_{rip} - volume do reservatório, em litros;

d - numero de dias analisado;

$S(t)$ - diferença entre a demanda diária de água pluvial e o volume de água que escoa pela superfície.

$S(t)$ pode ser adquirido através da equação 2:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

Onde:

$D(t)$ – é a demanda no mês tendo o maior volume, sendo em metros cúbicos por mês;

$Q(t)$ – é o volume de chuva que será destinado ao reservatório.

Onde $Q(t)$, é obtido através da equação 3

$$Q(t) = C \times P(t) \times A$$

Sendo:

C – coeficiente de escoamento superficial adimensional;

P – é o valor de precipitação da chuva, sendo em metros por mês;

A – é a área de captação total, em metros quadrados.

Após encontrar o volume ideal para a cisterna, foi realizado um novo procedimento para buscar qual o volume do reservatório elevado, utilizando o consumo médio diário para a edificação,

Já o dimensionamento da bomba d'água foi levado em consideração à altura manométrica e a vazão obrigatória para abastecer o reservatório elevado.

5.6 ORÇAMENTO

Definido os componentes da cobertura verde acoplado a um sistema de aproveitamento de águas pluviais, houve uma pesquisa de mercado nos depósitos de construção da região de Campo Mourão, e de empresas especializadas em construções sustentáveis, mais especificamente na produção de coberturas verdes.

5.7 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA

De posse de todos os resultados, foi executado uma análise sobre a viabilidade financeira do sistema de aproveitamento de água acoplado a um telhado verde no bloco H da UTFPR. Para determinar o tempo em que haverá a recuperação financeira do sistema, foi utilizado método *Pay- Back*.

De acordo com o Portal de Contabilidade, *Pay-Back*, que em português quer dizer 'retorno', é o período em que os investimentos no projeto, são pagos pelo seu retorno financeiro.

Para a realização do seu cálculo, será considerado o valor investido dividido pelo valor economizado a cada ano, dessa forma obterá a quantidade que será necessária para repor o investimento feito.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico é apresentado os resultados que foram obtidos a partir do estudo realizado sobre a viabilidade de implantação de um telhado verde acoplado a um sistema de aproveitamento de águas pluviais no bloco H, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão.

6.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

6.1.1 Índice climatológico

Foi adquirida a média de temperatura do ano de 2014, do município de Campo Mourão, e os valores foram apresentados através da tabela

Tabela 1. Média do índice climatológico de Campo Mourão.

MÊS	ÍNDICE CLIMATOLÓGICO (°C)
Janeiro	23,7
Fevereiro	23,7
Março	23
Abril	20,7
Maio	17,7
Junho	15,8
Julho	16,1
Agosto	17,5
Setembro	19

Outubro	21,4
Novembro	22,7
Dezembro	23,3

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

6.1.2 Índice pluviométrico

Para que fosse possível encontrar o volume de água pluvial recebida na cobertura verde, foi necessário o conhecimento dos índices pluviométricos da cidade, obtendo uma média dos últimos 10 anos, entre 2004 e 2014. Na tabela 2 são apresentados as médias pluviométricas em milímetros.

Tabela 2. Média dos índices pluviométricos de Campo Mourão

MÊS	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO (MM)
Janeiro	214,63
Fevereiro	151
Março	135,9
Abril	108,36
Maio	140,8
Junho	94,2
Julho	98,45
Agosto	74,36
Setembro	115,36
Outubro	189,27

Novembro	175,8
Dezembro	151,54

Fonte: Estação Climatológica

6.1.3 Área de captação de água

De posse do projeto da edificação do bloco, foram retiradas as dimensões para o cálculo da área de captação. A cobertura em estudo foi dividida em seis módulos, cada um com uma área de 88,75 m², que são referentes à cobertura verde, resultando num total de 532 m², o restante foi utilizado telhas de fibrocimento tendo uma área total de 182,58 m², possuindo uma área total de captação de 715,08 m². No apêndice A – encontra-se o projeto representando o telhado verde na cobertura.

6.2 TEMPERATURA AMBIENTE NA EDIFICAÇÃO

Na tabela 3 são apresentados os valores da temperatura dentro da edificação com o uso do telhado verde, realizando uma redução de 4°C, utilizando como base os estudos de Catuzzo (2013).

Tabela 3. Temperatura na edificação com a implantação do telhado verde

MÊS	TEMPERATURA NA EDIFICAÇÃO (°C)
Janeiro	19,7
Fevereiro	19,7
Março	19
Abril	16,7
Maio	13,7

Junho	11,8
Julho	12,1
Agosto	13,5
Setembro	15,0
Outubro	17,4
Novembro	18,7
Dezembro	19,3

Fonte: Autoria própria

6.3 COMPOSIÇÃO DO TELHADO VERDE

A escolha da cobertura verde foi num sistema já pronto de empresas especializadas neste tipo de construção, com inclinação de 10%. A opção por uma cobertura verde pronta é extremamente vantajosa e mais segura, pois segundo Lara Muniz (2010) a escolha de um sistema de cobertura verde já confeccionada evita erros na sua instalação.

Sobre a laje de concreto foi aplicado impermeabilizante, e para cada módulo foi construído muretas de alvenaria para conter a cobertura verde, utilizando blocos de largura de 9 centímetros, altura de 19 centímetros e comprimento de 39 centímetros. Na figura 2, esta a imagem adaptada da NBR 14974-1, onde é ilustrado o bloco de alvenaria escolhido.

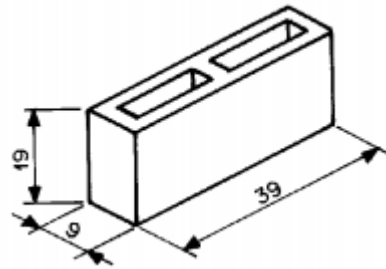


Figura 2. Desenho esquemático do bloco adotado.

Fonte: Figura modificada da NBR 14974-1

Após a construção das muretas de alvenaria e a impermeabilização da laje de concreto foi aplicado a lona PEAD, polietileno de alta densidade, de 200mm a fim de proteger a laje impermeabilizada. O segundo passo foi a instalação da manta geodrenante e em seguida a manta bidim.

O substrato utilizado foi escolhido da mesma empresa responsável por este sistema, segundo o fabricante, é composto de materiais orgânicos sistemas oriundos da indústria de reciclagem, e é considerado de peso leve, exigindo menos da cobertura.

E para a vegetação foi escolhida a que se adaptasse melhor na região e que necessitasse de baixa manutenção, por isso optou pelas gramíneas. Segundo o fabricante o peso por metro quadrado da cobertura verde é de 40kg/m².

6.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Com intenção de obter um sistema prático e econômico, foi definido que o funcionamento do mesmo funcionará com duas chaves boias, sendo uma localizada na cisterna e a outra estará presente no reservatório elevado. Dessa forma o sistema ativara a bomba para encher o reservatório elevado, e caso haja a falta de água na cisterna, ou o excesso de água no reservatório, o trabalho da bomba será interrompido para que não haja desperdício de energia, evitando seu funcionamento desnecessário.

A cisterna estará localizada na parte de tras do bloco H, onde acontece a saída de águas pluviais da edificação, como é visto no Apêndice B - onde é encontrado a planta baixa do primeiro pavimento da edificação e o detalhamento da saída de águas pluviais para a cisterna junto a entrada de águas pluviais para o reservatório elevado. No Apêndice C – pode ser observado a locação do sistema e no Apêndice D – é apresentado a locação da cisterna em perfil.

Primeiramente, foi realizado o dimensionamento da cisterna, por meio do método de Rippl. Para a utilização deste método, foi preciso a posse dos dados pluviométricos, a área de captação, o coeficiente de Runoff e o consumo médio da edificação.

Segundo Ferreira (1998), o coeficiente de Runoff para coberturas verdes é de 0,55 e 0,9 para telhas de fibrocimento.

Para a quantificação do consumo médio de água potável utilizado, foi retirado os dados coletados por Krueger (2012), onde é realizado uma análise nos meses em que os alunos encontram-se em férias, referente a janeiro e fevereiro indicados no quadro 1, e os meses restantes, considerados pelo autor o período letivo, entre março á dezembro, podendo ser visto no quadro 2.

Consumo	M³/mês
Limpeza	7,23
Sanitários	1,29
Total	8,52

Quadro 1 - Período de férias entre os meses de janeiro a fevereiro.

Fonte: Krueger (2012)

Consumo	M³/mês
Limpeza	18,00
Sanitários	42,12
Total	60,12

Quadro 2 - Período de aulas entre os meses de março a dezembro.

Fonte: Krueger (2012)

Para os cálculos foi adotado o valor de 60,12 m³/mês, sendo o valor máximo, conseqüentemente o mais crítico a ser estudado.

Em seguida foi realizado a estimativa através do índice pluviométrico da cidade e a área de captação para a obtenção do volume de chuva para cada mês, para isso foi utilizado a equação 3, desenvolvida na metodologia deste trabalho. De posse desses valores para todos os meses, foram encontrados a quantidade volumétrica de chuva acumulado. E por fim utilizando a equação 1, é encontrado o volume da cisterna.

Conforme é demonstrado pelo equacionamento realizado na tabela 4, fica evidente que não é viável suprir toda a demanda da edificação, já que para isso seria necessário uma cisterna com um volume muito elevado.

Tabela 4. Metodo de Rippl para a obtenção do volume da cisterna (m³)

MES	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO (MM)	ÁREA DE CAPTAÇÃO TELHADO VERDE (M²)	ÁREA DE CAPTAÇÃO TELHADO FIBROCIMENTO (M²)	VOLUME DE CHUVA APROVEITAVEL (M³)	CONSUMO MÉDIO (M³)	VOLUME DA CISTERNA (M³)
Janeiro	214.63	532.5	182.55	98.1223971	60.72	-98.122397
Fevereiro	151	532.5	182.55	69.03267	60.72	-69.03267
Março	135.9	532.5	182.55	62.129403	60.72	-62.129403
Abril	108.36	532.5	182.55	49.5389412	60.72	11.1810588
Mai	140.8	532.5	182.55	64.369536	60.72	7.5315228
Junho	94.2	532.5	182.55	43.065414	60.72	25.1861088
Julho	98.45	532.5	182.55	45.0083865	60.72	40.8977223
Agosto	74.36	532.5	182.55	33.9951612	60.72	67.6225611
Setembro	115.36	532.5	182.55	52.7391312	60.72	75.6034299
Outubro	189.27	532.5	182.55	86.5285659	60.72	49.794864
Novembro	176.8	532.5	182.55	80.827656	60.72	29.687208
Dezembro	151.54	532.5	182.55	69.2795418	60.72	21.1276662

Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, a captação de água seria apenas para suprir a demanda média dos aparelhos sanitários, que seria no valor de 42,12 metros cúbicos por mês, necessitando então de uma cisterna de 10 metros cúbicos, conforme mostra na tabela 5.

Tabela 5. Metodo de Rippl para a obtenção do novo volume da cisterna (m³)

MÊS	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO (MM)	ÁREA DE CAPTAÇÃO TELHADO VERDE (M ²)	ÁREA DE CAPTAÇÃO TELHADO FIBROCIMENTO (M ²)	VOLUME DE CHUVA APROVEITÁVEL (M ³)	CONSUMO MÉDIO (M ³)	VOLUME DA CISTERNA (M ³)
Janeiro	214.63	532.5	182.55	98.1223971	43	-98.1223971
Fevereiro	151	532.5	182.55	69.03267	43	-69.03267
Março	135.9	532.5	182.55	62.129403	43	-62.129403
Abril	108.36	532.5	182.55	49.5389412	43	-49.5389412
Mai	140.8	532.5	182.55	64.369536	43	-64.369536
Junho	94.2	532.5	182.55	43.065414	43	-43.065414
Julho	98.45	532.5	182.55	45.0083865	43	-45.0083865
Agosto	74.36	532.5	182.55	33.9951612	43	9.0048388
Setembro	115.36	532.5	182.55	52.7391312	43	-0.7391312
Outubro	189.27	532.5	182.55	86.5285659	43	-43.5285659
Novembro	176.8	532.5	182.55	80.827656	43	-37.827656
Dezembro	151.54	532.5	182.55	69.2795418	43	-26.2795418

Fonte: Autoria própria

Para o cálculo do reservatório elevado foi considerado o consumo médio de água no valor 43 metros cúbicos. Dessa forma, o reservatório elevado deve ter 1,43m³, optando por uma caixa d'água com 1,5 metros cúbicos.

Após encontrar o volume da cisterna e do reservatório elevado, houve o dimensionamento para a escolha da bomba d'água, levou-se em consideração que a altura mínima deve ser de 14 metros, pois foi considerado uma altura de sucção de 3 metros, e a altura de elevação é de 10,5 metros. Os dados encontrados para o cálculo da bomba d'água, foram encaminhados para a Casa de Bombas Londrina, para que fosse escolhida a bomba d'água correta. A bomba escolhida foi a ACm 75 – 1 CV, tendo uma altura manométrica total de 24 m.c.a, com vazão de 4,8 m³/h, sendo

compatível para o sistema, e seu trabalho será de no máximo 6 horas/dia. Na figura 4 é apresentado o modelo escolhido.



Figura 3- Motobomba ACm 75

Fonte: Shopping Construir. Disponível em:

http://www.shoppingconstruir.com.br/imagens/produtos/claw/modelo%20BOMBA%20CLAW%20CEN TRIFUGA%20ACM37%20-%201_2CV%20X%20127_220V.jpg

6.5 ORÇAMENTO

De acordo com o fabricante a cobertura verde esta num valor de R\$219,00 por metro quadrado e o valor do frete para o destino seria de R\$8.000,00 Como a área verde tem um total de 532,5 metros quadrados, o orçamento total da cobertura será de R\$ 124.617,5. O produto tem garantia por dois anos e a manutenção, segundo a empresa, é realizada através de pisoteio. O restante da cobertura será utilizado telhas fibrocimento já inclusos na edificação.

Já o orçamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais resultou num total de R\$ 8.947,80. E segundo Kruger (2012) a manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais é de R\$500,00 por ano. Na tabela 6 é apresentado o orçamento detalhado para a construção do sistema.

Tabela 6. Orçamento para o sistema de aproveitamento de água

Material	Qtd.	Unid.	Val. Unit. (R\$)	Val. Total (R\$)
Adaptador Soldável com Anel para Caixa D'Água 25 mm	1	unid.	11.5	11.5
Adaptador Soldável com Anel para Caixa D'Água 50 mm	4	unid.	28.51	114.04
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 25mm x3/4"	1	unid.	0.75	0.75
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 32mm x 1'	1	unid.	1.15	1.15
Caixa D'Água FORTLEV RT 10000L	1	unid.	4910,0	4910,0
Caixa d'Água de Polietileno 1500L Água Limpa	1	unid.	1021,9	1021,9
Curva 90° Soldável TIGRE 25mm	2	unid.	1.9	3.8
Curva 90° Soldável TIGRE 32mm	6	unid.	4.9	29.4
Joelho 90° Série Normal TIGRE 100mm	1	unid.	5.9	5.9
Joelho 90° Soldável 50mm	3	unid.	1.9	5.7
Luva Simples Série Normal 100mm	2	unid.	4.3	8.6
Redução Excêntrica Série Normal 100x50mm	1	unid.	8	8
Registro Esfera VS Soldável 50mm	2	unid.	16,5	33
Tê Série Normal 100mm	1	unid.	10.9	10.9
Válvula de Pé com Crivo Soldável 32mm	1	unid.	35.4	35.4
Ventosa Soldável 25mm	1	unid.	21.5	21.5
Tubo de PVC Série Normal 100mm	15	m	7.67	115.05
Tubo Soldável 3m x 50mm	10	m	8	80
Tubo Soldável 6m x 25mm	10	m	2.3	23
Tubo Soldável 6m x 32mm	13	m	5.2	67.6
Tubo Soldável 6m x 50mm	10	m	8	80
Chave boia	2	unid.	39.7	79.4
Registro de abertura eletrônico	1	unid.	160	160
Ralo hemisférico tipo abacaxi	12	unid.	0.6	7.2
VALOR TOTAL DOS MATERIAS				6911,79
MÃO DE OBRA				
Descrição	Qtd.	Unid.	Salario Hora (R\$)	Custo total (R\$)
Mão de obra	65	horas	31,33	2035,45

Fonte: Kruger (2012) modificado

6.6 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA

A fim de encontrar o período necessário para obter o retorno do sistema de aproveitamento de águas pluviais acoplado a cobertura verde, foi necessário encontrar o custo do metro cúbico e o valor por Kwh para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A título de estudo foi considerado o custo do metro cúbico da empresa SANEPAR, visto que as universidades do município se enquadram na faixa comercial, portanto o valor por metro cúbico é de R\$4,46. Segundo a empresa COPEL, o valor do consumo energético é cobrado por demanda, sendo R\$0,47 por Kwh.

Em cada bloco da universidade está instalado um aparelho de ar condicionado, tendo capacidade de 24.000 BTU/hora, funcionando em média durante 12 horas por dia, considerando que o aparelho possui uma potência de 2.164 watts, há um consumo de R\$352,5 por mês. Em função da instalação da cobertura verde, o uso do aparelho de ar condicionado é desnecessário, gerando uma economia para a edificação de R\$352,5 por mês.

Considerando que a economia realizada é de 7,23 metros cúbicos por mês, referente a janeiro e fevereiro, e 42,7 metros cúbicos por mês, na fase de março a dezembro, foram realizados a média desses valores, para encontrar o consumo médio anual, que é de aproximadamente 25 metros cúbicos por mês, e 300 metros cúbicos por ano, tendo um aproveitamento de R\$ 1338,00 a cada ano.

Foi definido que a bomba d'água irá funcionar 6 horas por dia, por 30 dias no mês, e tem uma potência de 735 watts, sendo assim seu gasto seria de 132,3 kW/mês, representando um total de R\$62,18.

Como foi apresentado o valor total do sistema é de R\$133.609,7 somado aos gastos de energia elétrica, a economia com o descarte do uso do ar condicionado e a manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, o retorno financeiro será de aproximadamente 26 anos.

7 CONCLUSÃO

O uso da cobertura verde acoplado a um sistema de aproveitamento de águas pluviais vem da necessidade de obras sustentáveis para suprir os danos da expansão urbana.

As temperaturas médias mais elevadas do ano, encontram-se entre janeiro á março, sendo a maior de 23,7°C, e com a utilização da cobertura verde, houve uma redução na temperatura de 4°C na edificação, melhorando o conforto térmico da mesma, tendo uma temperatura de 19,7°C nos meses mais quentes.

Conforme citado no trabalho são consumidos 60,12m³/mês no período de atividades, sendo 18m³/mês destinados à limpeza e 42,12m³/mês ao uso dos sanitários.

No período onde as atividades da universidade estão paradas, os valores consumidos correspondem num total de 8,52m³/mês, onde a limpeza corresponde a 7,23m³/mês e o uso de sanitários a 1,23m³/mês.

Com a instalação da cobertura verde não é viável atender toda a demanda de água potável destinada a fins não potáveis, pois seria necessário uma cisterna de tamanho muito elevado, o que não seria viável para a universidade, portanto, foi contemplado apenas a demanda para os aparelhos sanitários. Sendo assim, o volume necessário da cisterna para que o sistema de aproveitamento de águas pluviais suprissem os meses de maior estiagem, referentes a junho á agosto, é de 10 metros cúbicos.

Adotando a demanda média de 25 metros cúbicos por mês, é necessário um reservatório elevado de 1,75 metros cúbicos.

Em função da substituição do uso do ar condicionado pela instalação da cobertura verde, acarretará uma economia de R\$366,15 por mês, sendo R\$4393,8 por ano.

O custo total para a implantação do sistema de aproveitamento de água acoplado a um telhado verde é de R\$133.609,00.

Por meio do método *Pay-Back*, foi encontrado o tempo estimado para o retorno financeiro deste sistema, que se deu em aproximadamente 26 anos.

Após a instalação da cobertura verde o peso total que será adicionado à estrutura é de 21.280 kg.

Em um ano estaria sendo poupado 300 m³ de água potável, se considerado todo o tempo para o retorno financeiro do sistema, economizaria 7.800,00 m³ de água potável em um bloco da universidade.

Dessa forma, a utilização de um sistema sustentável para a universidade, possibilita uma grande economia de água potável, aumento no conforto térmico da edificação e tempo de retorno financeiro relativamente curto. Sendo assim, conclui que é viável a instalação da cobertura verde com um sistema de aproveitamento de águas pluviais, tanto do ponto de vista financeiro, quanto do ponto de vista sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. 2007.

ARAÚJO, Marcio Augusto. **O Que É Construção Sustentável**. IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/pdf/entrevista.pdf>>. Acessado em: 20 jun. 2014.

BRASIL. Decreto Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 20 jun.2014.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. Our common future: The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University, 1987. ONU- Organização das nações Unidas. 1987. Disponível em: <<http://marcouniversal.com.br/upload/RELATORIOBRUNDTLAND.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2013.

Bureau of Environmental Services. Portland, EUA. 2008. Disponível em: http://www.portlandoregon.gov/bes/waterquality/results.cfm?location_id=7131. Acesso em: 16 Jul. 2014.

CASTELUCCI, Silvana de Oliveira. **Captação e Utilização de Águas Pluviais para Fins não Potáveis**. 2010. 11f. Disponível em: < http://lanxess.com/en/media-download/captacao-e-utilizacao-de-aguas-pluviais-para-fins-nao-potaveis_pt/> . Acesso em: 5 Jul. 2014.

CATUZZO, Humberto. **Telhado Verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O Caso da Cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado da universidade de são Paulo) São Paulo. 2013. 158f. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18122013-123812/en.php> Acesso em: 5 jul. 2014.

CAVALCANTTI, Clovis. **DESENVOLVIMENTO E NATUREZA: Estudos para uma sociedade sustentável**. Recife, Brasil. 1994. Disponível em:

<http://biblioteca.clacso.edu.ar/subida/Brasil/dipesfundaj/uploads/20121129023744/c_avalcanti1.pdf>. Acesso em: 20 Jun. 2014.

Comitê Temático de Materiais. **Materiais, Componentes e a Construção Sustentável**. 2009. _f. - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. 2009. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS_CTMateriais_Posicionamento_Materiais%20componentes.pdf> Acesso em: 4 abr. 2014.

Conceito de construção sustentável. Portal Ambiente Brasil. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/arquitetura/construcoes_verdes/conceito_de_construcao_sustentavel.html>. Acesso em: 26 Jun. 2014.

DUARTE, Ana Paula. **Construção Sustentável: Oportunidades e Boas Práticas**. Semana Europeia da Energia Sustentável. 2011. Celorico da Beira, Portugal. 05 f. Disponível em: <<http://repositorio.lneg.pt/retrieve/4044/Construcao%20Sustentavel.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2014.

FENDRICH, Roberto. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese (Doutorado, curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade Federal do Paraná, Curitiba). Curitiba, Paraná. 2002. 176f. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/8081/roberto%20fendrich.pdf?sequence=3>>. Acessado em: 15 Jul. 2014.

GHISI, Eneidir. **Métodos de Dimensionamento de Reservatório de Água**. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_6/Metodos%20de%20dimensionamento%20de%20reservatorios%20de%20água%20pluvial%20em%20edificacoes.pdf>. Acessado em: 15. Mar. 2015.

International Green Roof Association. **Private Benefits**. 2011. Disponível em: http://www.igra-world.com/benefits/private_benefits.php . Aceso em: 15 Jun. 2014.

International Green Roof Association. **Public Benefits**. 2011. Disponível em: http://www.igra-world.com/benefits/public_benefits.php . Aces em: 15 Jun. 2014.

Internacional Organization for Standardization. **ISO 59/SC3 N 459**. Functional/user requirements and performance in building construction. Disponível em:

<http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/other_bodies/iso_technical_committee.htm?commid=49082>. Acesso em: 5 Jul. 2014.

KRUGER, Paulo, Ricardo. **Reuso de água da chuva coletada no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão**. Campo Mourão, Paraná. 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1885/1/CM_COECI_2012_1_08.pdf>

LEI Nº 10.785. **Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE**. Curitiba, Paraná. 18 de setembro de 2003. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimedia/00086319.pdf>>. Acesso em: 1 Ago. 2014.

Lei nº 12.526, de 02/01/2007. **Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais**. Estado de São Paulo. 2007. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=69472>>. Acesso em: 1 Ago. 2014.

LEMOS, Paulo Rogério; Fagundes, Renata Magalhães; Scherer, Minéia Johann. **Reaproveitamento de água para fins não potáveis em habitações de interesse social**. 2009. X Salão de Iniciação Científica PUCRS. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaolC/Ciencias_Sociais_Aplicadas/Arquitetura_e_Urbanismo/70444-PAULO_ROGERIO_LEMOS.pdf>. Acessado em: 27 Jul. 2014.

LUNELLI, Reinaldo Luiz. **Análise de investimentos**. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/analiseinvestimentos.htm>>. Acessado em: 20 Mai. 2015.

MUNIZ, Lara. Revista: **Arquitetura e Construção/Construção sustentável. 2010**. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/cidade/sede-prefeitura-jardim-conservado-telhado-verde-631006.shtml>>. Acessado em: 10. Mai. 2015.

Resolução CONAMA Nº357/05. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências.** 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 2 Ago. 2014.

Resolução CONAMA Nº 275/00- **Revisa os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.** 2000. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272> Acesso em: 2 Ago. 2014.

Sabbagh, Caio Souza; Amordi, João; Violatto, Umberto. **Telhado Verde**. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2010. 08f. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2010-2/telhados_verdes.pdf>. Acesso em: 16 Jul. 2014.

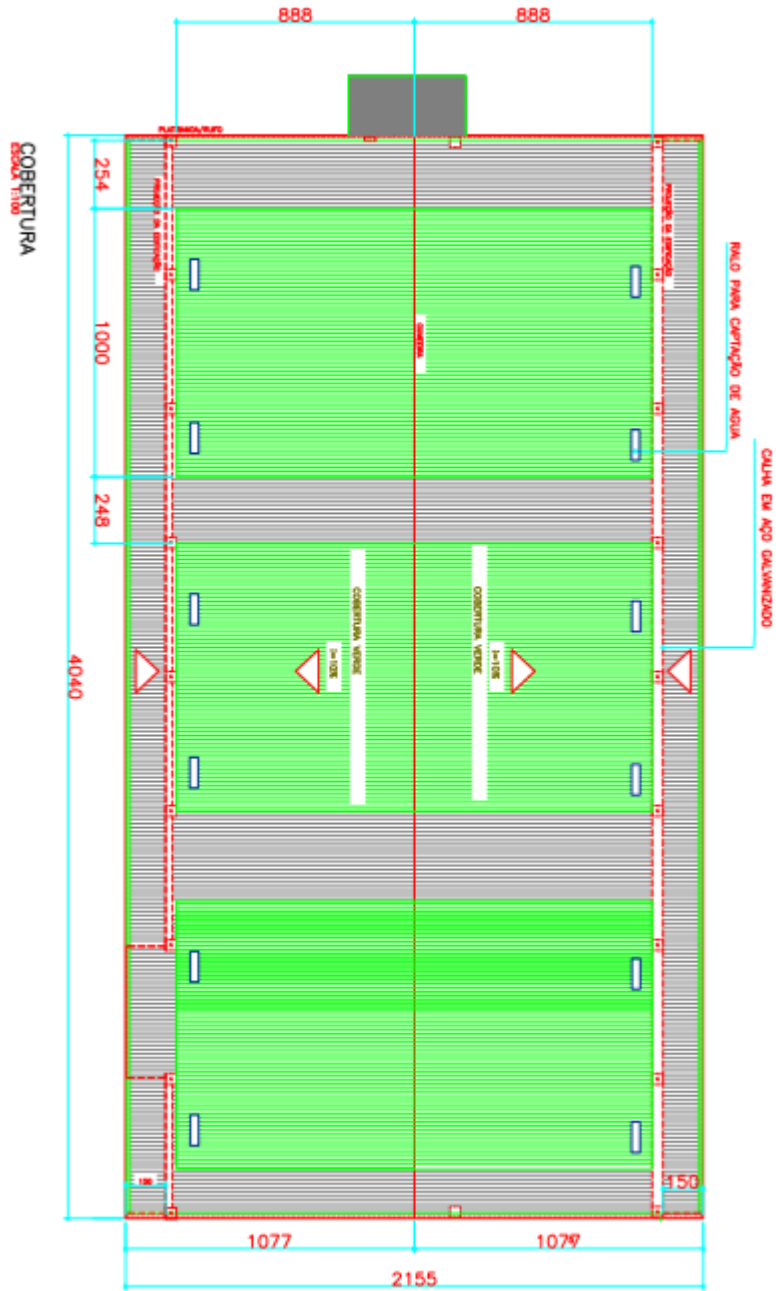
SILVA, Neusiane da Costa. **Telhado Verde: Um sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Minas Gerais. 2011. 22f. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/73.pdf>> Acessado em: 5 Jul. 2014. Acesso em: 29 Mar. 2014

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Revista Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33. 2004. Disponível em: <www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3573/1978>. Acesso em: 20 Jun. 2014.

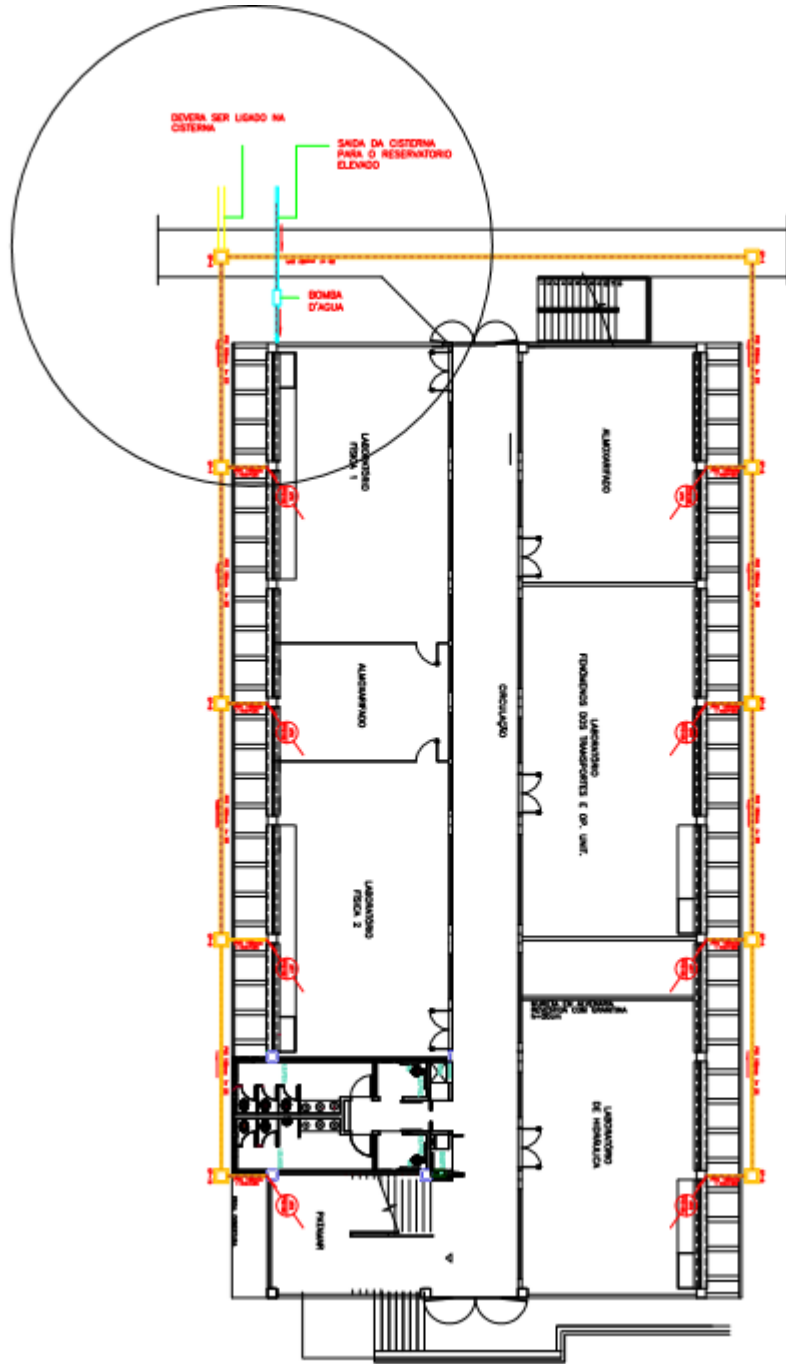
STRONG, Maurice. **Uma nova proposta: Eco desenvolvimento**. Disponível em: <<http://biblioteca.clacso.edu.ar/subida/Brasil/dipesfundaj/uploads/20121129023744/cavalcanti1.pdf>>. Acesso em: 25 Jun. 2014.

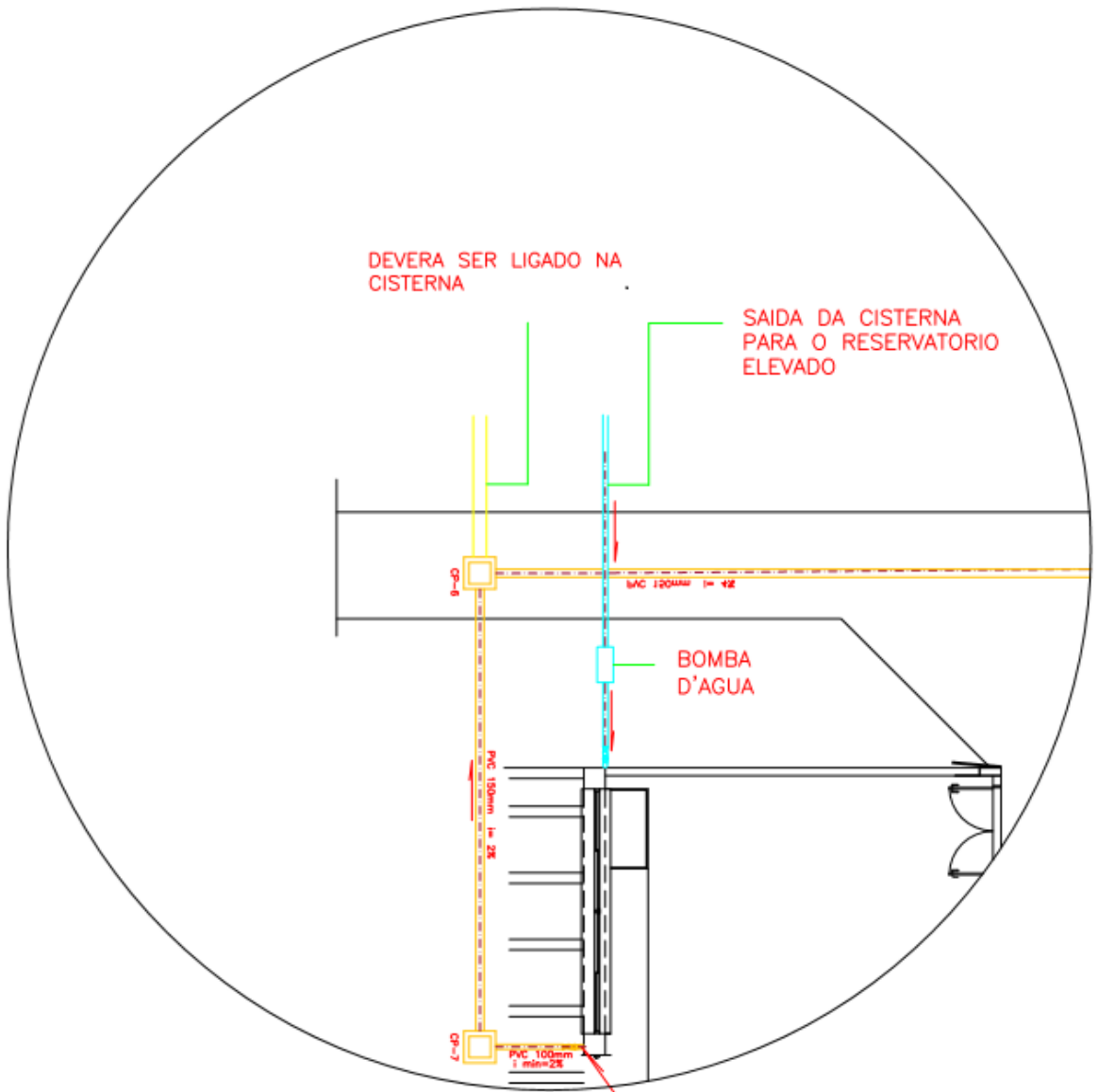
TAGORE, Victor. O que é desenvolvimento sustentável. 2009. **Revista Meio Ambiente**, Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2013/03/12/o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 10 Abr. 2014.

APÊNDICE A – ÁREA DE CAPTAÇÃO

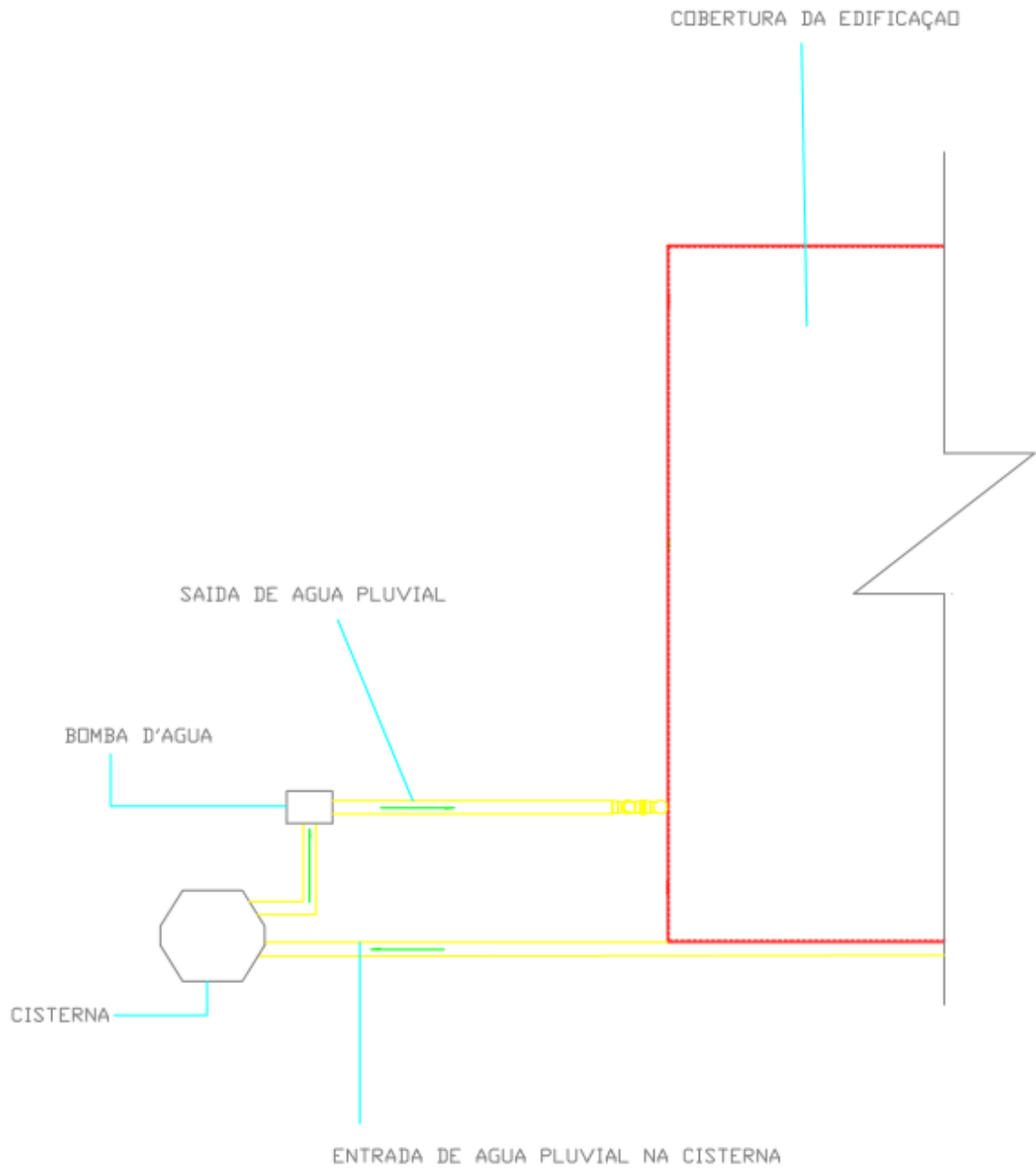


APÊNDICE B – VISTA E DETALHAMENTO PLANTA BAIXA





APÊNDICE C – VISTA LOCAÇÃO DA CISTERNA



APÊNDICE D – PERFIL DA LOCAÇÃO DA CISTERNA

