

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**CLÍCIA AMANDA GALVAN
SUELLEN BASEGGIO**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO COLÉGIO
ESTADUAL DO CAMPO DOM PEDRO II NO MUNICÍPIO DE SÃO
MIGUEL DO IGUAÇU - PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

**CLÍCIA AMANDA GALVAN
SUELLEN BASEGGIO**

**POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO COLÉGIO
ESTADUAL DO CAMPO DOM PEDRO II NO MUNICÍPIO DE SÃO
MIGUEL DO IGUAÇU - PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental, do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dra. Carla Daniela
Câmara

Co-orientador: Prof. Me. Thiago Edwiges

MEDIANEIRA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria
Nome da Coordenação
Nome do Curso



TERMO DE APROVAÇÃO

Potencial de captação de água da chuva no Colégio Estadual do Campo
Dom Pedro II no Município de São Miguel do Iguazu - Paraná

Por

Suellen Baseggio

Clícia Amanda Galvan

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 horas do dia 03 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Carla Daniela Câmara
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. M.Sc. Elias Lira dos Santos
Junior
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. M.Sc. Márcia Antonia Bartolomeu
Agustin
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. M.Sc. Thiago Edwiges
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Co-orientador e responsável pelas
atividades de TCC)

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, pelo amor e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, força e inspiração para tudo.

Às nossas famílias, que não mediram esforços para nos apoiar e auxiliar em todos os momentos, sejam eles de conquista ou dificuldades.

Aos nossos orientadores, professora Dra. Carla Daniela Câmara e professor Me. Thiago Edwiges, por terem aceito serem nossos norteadores e pela dedicação e presteza com que nos atenderam.

A todos os professores do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, pelo conhecimento adquirido por meio deles.

Aos diretores do Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, Élcio Rosas e Noeli Maria Back Rocha, por terem autorizado a realização deste estudo e terem dado livre acesso às dependências da unidade, e principalmente às funcionárias Maria Schmitt Galvan e Bárbara Schmitt Galvan Ghisleri, por terem fornecido todas as informações necessárias e pela agilidade com que as fizeram.

Ao Simepar, por fornecer os dados da pluviosidade da região de São Miguel do Iguaçu - PR, dos anos de 2001 a 2010.

“Quanto mais homens e mulheres multiplicarem atitudes, comportamentos, valores e conscientização, com certeza conseguiremos ter um planeta mais saudável e portanto, sustentável”
(FRIEDERICH, Nelton M., 2012)

RESUMO

BASEGGIO, Suellen; GALVAN, Clícia A. **Potencial de captação de água da chuva no Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II no Município de São Miguel do Iguazu - Paraná.** 2014. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

Considerando o crescimento da demanda por água potável e que ela é um bem finito e essencial para assegurar todas as formas de vida, foi necessário a busca por meios que garantam sua qualidade e disponibilidade. Nesse contexto, a água pluvial é uma aliada, uma vez que mesmo sem ser tratada pode ser utilizada para diversas atividades e é um bem desperdiçado pela maioria da população. Este estudo avaliou o potencial de captação de água pluvial no Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, situado no município de São Miguel do Iguazu, no oeste do Paraná. Objetivou-se fornecer subsídios para que futuramente a unidade implante um sistema de captação de água pluvial a fim de reduzir o uso de água potável para atividades em que esta não é necessária. Primeiramente foi calculada a precipitação média anual e mensal com base em série histórica de dez anos na região, encontrando um valor anual de 1.650,28 mm. Em seguida calculou-se o potencial total de captação, que considerou toda a área coberta da estrutura chegando ao resultado de 2.464,68 m³ anuais. O potencial parcial, que considerou os telhados que são atendidos pelas calhas já instaladas, totalizou 998,58 m³ por ano. Posteriormente relacionou-se esses valores com as médias de precipitação e dimensionou-se o sistema de captação de água pluvial compatível com a demanda do Colégio. Após a análise desses dados concluiu-se que a área parcial é suficiente para atender o consumo na unidade, uma vez que o ano de maior demanda foi 2012, totalizando 977 m³. Foi com base nessa área que foi dimensionado o volume do reservatório com base em 4 métodos propostos pela NBR 15.527. Para definir o volume do reservatório, foi usado o resultado obtido pelo método de Rippl. Com base nos estudos utilizados como referência para desenvolver este trabalho, verificou-se que esses sistemas, depois de implantados, em sua totalidade são eficientes na redução dos gastos com água potável. Concluiu-se então, que instalar um projeto de captação de água pluvial é viável no âmbito econômico e promove a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Reuso. Economia. Precipitação. Sustentabilidade.

ABSTRACT

BASEGGIO, Suellen; GALVAN, Clícia A. **Potential of rainwater capturing in Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, a school in the city of São Miguel do Iguçu - Paraná.** 2014. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

Considering the growing of the demand for drinkable water and that this is a finite and essential blessing to insure all forms of life, it became necessary to seek for ways to ensure your quality and availability. In this context the rainwater is an ally, since even without treatment can be used for plenty activities, however, it is a blessing wasted by the majority population. This study evaluated the potential of capturing rainwater in Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, a school located in São Miguel do Iguçu, in the west of Paraná. Aimed to provide support then in the future the unit implants a system to capture rainwater to reduce the use of drinkable water for activities where it isn't needed. First it was calculated the annual and monthly average of the rainwater, based on historical series of ten years in the region, finding an annual amount of 1650.28 mm. Right after it was calculated the total potential of catchment, which considered all the covered area of the structure, achieving the result of 2.464,68 cubic meters annually. The partial potential, which considered the roofs that are served by rails already installed, totalized 998.58 cubic meters annual. After, these values were related to the average precipitation and scaled up the system to capture rainwater compatible with the demands of the School. After the analyzing of these data it was concluded that the partial area is enough to support the consumption in the unit, since the year of higher demand was in 2012, which totalized 977 cubic meters. Based on this area it was dimensioned the volume of the reservoir based on 4 methods proposed by NBR 15,527. In order to define the volume of the reservoir, it was the used the result obtained by the Rippl method. Based on the studies used as reference for developing this work, it was checked that these systems after implanted in their entirety are effective in reducing of spending on drinkable water. It was concluded that, to install a project of rainwater catchment is viable in the economic and promotes environmental sustainability.

Keywords: Reuse. Save. Precipitation. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 Parâmetro de Qualidade de Água de Chuva para Usos Restritivos não Potáveis..... | 17 |
| Figura 2 Valores Usuais do Coeficiente de Runoff..... | 19 |
| Figura 3 Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II | 24 |
| Figura 4 Área de Cobertura Total do Colégio..... | 25 |
| Figura 5 Área Parcial de Cobertura do Colégio..... | 26 |
| Figura 6 Precipitação em Milímetros em São Miguel do Iguaçu – PR nos anos de 2001 a 2010..... | 30 |
| Figura 7 Totais Anuais de Precipitação Para os anos de 2001 a 2010 | 31 |
| Figura 8 Pluviosidade Mínima, Máxima e Média para os anos de 2001 a 2010 | 32 |
| Figura 9 Variação de Precipitação Mensal no Período de 2001 a 2010..... | 33 |
| Figura 10 Subdivisões da Cobertura para o Cálculo do Potencial Total | 34 |
| Figura 11 Subdivisões da Cobertura para o Cálculo Parcial | 35 |
| Figura 12 Totais Anuais de Consumo de Água Potável no Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, nos Anos de 2005 a 2012 | 37 |
| Figura 13 Estimativas do Investimento..... | 42 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Valores dos Componentes da Equação | 36 |
| Tabela 2 – Valores dos Componentes da Equação do Método Azevedo Neto | 38 |
| Tabela 3 – Valores dos Componentes da Equação do Método Prático Inglês..... | 38 |
| Tabela 4 – Valores dos Componentes da Equação do Método Prático Alemão | 39 |
| Tabela 5 – Valores dos Componentes das Equações do Método de Rippl..... | 40 |
| Tabela 6 – Dados dos Componentes das Equações do Método de Rippl para obter os valores de $S_{(t)}$ | 40 |
| Tabela 7 – Dimensionamento do Reservatório | 41 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 OBJETIVOS..... | 14 |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 3.1 CICLO HIDROLÓGICO | 15 |
| 3.2 USOS DA ÁGUA | 15 |
| 3.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL | 18 |
| 3.5 VANTAGENS DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL..... | 19 |
| 3.6 LEGISLAÇÃO | 20 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 23 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 23 |
| 4.2 CÁLCULO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA..... | 24 |
| 4.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO | 27 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 30 |
| 5.1 ANÁLISE DOS DADOS DA DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS | 30 |
| 5.2 ANÁLISE DO CÁLCULO DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA..... | 33 |
| 5.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO..... | 35 |
| 5.3.1 Estudo Preliminar de Custos do Sistema Proposto..... | 41 |
| 6 CONCLUSÃO | 43 |

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional, a demanda de água potável vem aumentando principalmente pela expansão de seus usos múltiplos, sendo necessária a busca por meios alternativos visando a sua reutilização, uma vez que a utilização inadequada da água potável tem resultado em problemas quanto à insuficiência e a degradação da qualidade.

A gestão de recursos hídricos visando a sustentabilidade para a atual e as futuras gerações tornou-se essencial para a sociedade. Para Setti *et al* (2002) “[...] é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa de recursos hídricos, bem como fazer uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade”.

Dentro desse contexto um sistema de captação de água pluvial possui boa relação de custo – benefício, sendo um aliado contra a escassez, além de promover a redução no custo de aquisição de água potável e garantir a sustentabilidade a todo o sistema.

Levando em conta essas considerações, o presente trabalho propôs o reaproveitamento de água em uma escola estadual no Oeste do Paraná. Para a análise da instalação de um sistema captação de água pluvial foi estimada a distribuição de chuvas ao longo dos anos com base em série histórica de dados. Observou-se a disposição das calhas já existentes na estrutura da unidade, calculou-se a área de captação de água da chuva e dimensionou-se o sistema de captação compatível com a precipitação local e as necessidades de consumo do colégio.

O presente trabalho discorre sobre a avaliação do potencial de captação de água da chuva no Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, situado no distrito de São Jorge, no Município de São Miguel do Iguaçu - Paraná, a qual levará em conta os conceitos de gestão de recursos hídricos supracitados, visando fornecer subsídios para que o colégio implante-o futuramente, objetivando a captação de água pluvial a fim de utilizá-la para fins não potáveis, reduzindo assim os gastos com água potável.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral foi avaliar o potencial de captação de água pluvial visando a redução do uso de água potável para atividades em que esta não é necessária, como a irrigação da horta e a limpeza da unidade.

Os objetivos específicos abrangem:

- Estimar a distribuição de chuvas ao longo dos anos com base em série histórica de dados;
- Calcular a área de captação de água da chuva da unidade estudada;
- Dimensionar o sistema de captação compatível com a precipitação local e as necessidades de consumo da unidade estudada;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CICLO HIDROLÓGICO

Pode-se começar a explicar o ciclo hidrológico a partir da atmosfera, porém, este é um ciclo fechado que é cumprido incessantemente. Na atmosfera, a água pode ser encontrada em forma de vapor, partículas líquidas, gelo ou neve (PINTO *et al*, 2003).

O vapor presente na atmosfera condensa-se e atinge um limite de tamanho no qual a força da gravidade faz com que ele precipite. A forma mais comum de precipitação é a chuva, mas ela pode ocorrer em forma de neve ou granizo. Da atmosfera até atingir o solo a água sofre evaporação em qualquer lugar em que esteja. Os oceanos por cobrirem a maior parte do planeta são os que mais contribuem com a evaporação. Quando a água chega ao solo ela pode infiltrar ou escoar pela superfície, abastecendo rios e lagos. A infiltração permite que o solo retenha umidade, utilizada em parte pelos vegetais que absorvem e a devolvem a atmosfera por meio da transpiração. A água infiltrada também pode percolar para alimentar os lençóis freáticos. (TUCCI, 1997).

3.2 USOS DA ÁGUA

Palhares (2006) destaca que a água é um dos elementos mais importantes para a vida do ser humano, e à medida que a sociedade foi se desenvolvendo aumentou a demanda de água para diferentes atividades, e conseqüentemente seus usos também foram se tornando mais diversificados.

Para Setti *et al* (2002), a água “presta-se para múltiplos usos: geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação de culturas

agrícolas, navegação, recreação, aquicultura, piscicultura, pesca e também para assimilação e afastamento de esgotos”.

Inicialmente a água era utilizada principalmente para fins domésticos, criações de animais e para usos agrícolas. Com o desenvolvimento econômico houve um grande aumento na utilização da água pelas atividades dos processos industriais, onde outras necessidades foram surgindo, e conseqüentemente, aumentaram seu consumo (SETTI *et al*, 2002).

Quanto à natureza da utilização os usos podem ser classificados como consuntivos, referentes as atividades que retiram a água de sua fonte natural, diminuindo sua disponibilidade quantitativa, sendo exemplos disso o abastecimento de água doméstico, industrial e a irrigação. Os usos não-consuntivos referem-se aos usos que retomam a fonte de suprimento em praticamente a totalidade da água utilizada. São exemplos a geração de energia elétrica, navegação fluvial, recreação, pesca, diluição, assimilação e transporte de esgoto e resíduos, dentre outros. Por fim, uso local refere-se aos usos que aproveitam a disponibilidade de água em suas fontes, sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial de disponibilidade quantitativa (SETTI *et al*, 2002).

A Lei 9.433/97 cita os usos que são sujeitos à outorga, definida como instrumento no qual o interessado no recurso hídrico recebe autorização para utilizá-lo (GRANZIERA, 2001).

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

As águas pluviais apresentam geralmente boa qualidade ao passar pelas várias fases do ciclo hidrológico, no entanto, ao escoarem pelo solo, podem carregar impurezas. Para Rebouças *et al*, (2006) “as características de qualidade das águas derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas”. Segundo Mota (1995), após chegarem a solo

“As águas pluviais urbanas podem caracterizar-se pela presença de sólidos, matéria orgânica, microorganismos patogênicos, defensivos agrícolas, fertilizantes, originando-se através de poluentes atmosféricos,

carregados pela chuva, poeiras e lixo, erosão do solo e ligações clandestinas de esgoto às galerias pluviais”.

A água da chuva, antes de tocar o solo, tem como uma das principais fontes de contaminação a superfície pela qual escoar até ser coletada. Presença de folhas de árvores, fezes de pássaros e poeiras são exemplos de poluidores presentes na superfície por onde a água escoará. A frequência das chuvas é outra variável que altera a qualidade da água pluvial, pois, quanto menor a frequência, maior o acúmulo de poluentes na atmosfera, o que acarreta maior poluição na água da chuva (ORSATTO e HERMES, 2006).

A NBR 15527/2007 (2007) apresenta os parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis, as frequências de análises e os valores de referência que devem ser observados a fim de garantir um tratamento adequado à água da chuva armazenada.

A Figura 1 apresenta os padrões de qualidade a serem seguidos.

| Parâmetro | Análise | Valor |
|--|-----------|--|
| Coliformes totais | Semestral | Ausência em 100 mL |
| Coliformes termotolerantes | Semestral | Ausência em 100 mL |
| Cloro residual livre ^a | Mensal | 0,5 a 3,0 mg/L |
| Turbidez | Mensal | < 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT |
| Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização) | Mensal | < 15 uH ^c |
| Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário | Mensal | pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado |
| NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio | | |
| ^a no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção | | |
| ^b uT é a unidade de turbidez | | |
| ^c uH é a unidade Hazen | | |

Figura 1 – Parâmetro de Qualidade de Água de Chuva para Usos Restritivos não Potáveis.

Fonte: NBR 15527/2007 (2007).

3.4 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Para a projeção do sistema de captação de água pluvial, é imprescindível saber qual o coeficiente de escoamento superficial da superfície que captará a água.

O Coeficiente de Escoamento Superficial (C), também conhecido como coeficiente de Runoff ou coeficiente de Deflúvio, também pode ser representado pela letra f (MACINTYRE, 2010). É definido pela norma ABNT NBR 15527 (2007), em seu item 3.4, como o “coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.”

Segundo Hirt e Santos (2011), “uma ferramenta que é bastante utilizada em cálculos do efetivo volume de água da chuva que pode ser aproveitada, e que garante um projeto confiável, é o Coeficiente de Runoff”. O mesmo autor complementa:

“A necessidade de utilização desse coeficiente, segundo Tomaz (2005), está no fato de que ocorrem perdas, ou seja, nem toda água da chuva que cai é aproveitada. Segundo ele, essa perda ocorre devido à limpeza dos telhados, pela evaporação, em autolimpezas, entre outros fatores. [...] O Coeficiente de Runoff é uma escala de limites definidos. Seu intervalo teórico vai de zero a um, sendo zero a inexistência de aproveitamento, ou seja, de toda água da chuva que cai, nada é aproveitado, e isso, segundo Wilken, pode ocorrer em parques, jardins, gramados com pouca ou nenhuma declividade. E um, por outro lado, corresponde à totalidade, ou seja, toda a água que cai é aproveitada, o que na realidade não ocorre, mas dependendo da combinação de fatores, pode se alcançar valores bastante próximos, em telhados com grande inclinação, por exemplo”.

O uso do coeficiente de Runoff é determinar para a superfície uma relação fixa entre o escoamento superficial e a chuva que precipitou, contudo, não é isso que acontece. No trabalho de Fujita (1986), para chegar-se ao valor do coeficiente foram analisados vários fatores, como por exemplo a infiltração, a evaporação, a retenção, interceptação e esses efeitos interferem no escoamento superficial.

Existem valores já calculados do coeficiente de Runoff, em função da área estudada (centro, bairros, áreas residenciais, áreas industriais) e também em função da superfície (asfalto, concreto, parques, jardins e telhados). A figura 2 apresenta os valores usuais do coeficiente de Runoff.

| Natureza da bacia | Coefficiente de deflúvio ou de <i>runoff</i> |
|--|---|
| Telhados | 0,70 a 0,95 |
| Superfícies Asfaltadas | 0,85 a 0,90 |
| Superfícies Pavimentadas e Paralelepípedas | 0,75 a 0,85 |
| Estradas Mecadamizadas | 0,25 a 0,60 |
| Estradas não Pavimentadas | 0,15 a 0,30 |
| Terrenos Descampados | 0,10 a 0,30 |
| Parques, Jardins, Campinas | 0,05 a 0,20 |

Figura 2 – Valores Usuais do Coeficiente de Runoff.

Fonte: Macintyre (2010).

3.5 VANTAGENS DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL

A reutilização da água da chuva é uma das opções mais reconhecidas quanto a racionalização dos recursos hídricos, tendo pouco custo e consideráveis benefícios. Permite a utilização de estruturas já existentes como telhados e lajes e capta água com pouco ou nenhum tratamento, dependendo para qual destinação a água será utilizada (SOBREIRO e FREITAS, 2010). Os autores ainda discorrem sobre as atividades para as quais a água é utilizada:

“A água pluvial pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água pluvial em descarga de vasos sanitários, sistema de controle de incêndios, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. Já no setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, entre outras. Na agricultura, vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações”.

A captação da água pluvial também auxilia nos sistemas de drenagem, já que parte da água que escoaria pelas superfícies está sendo coletada, diminuindo os riscos de enchentes. Surge ainda como medida para a escassez da água potável, já que grande parcela do que é coletado será utilizado para fins onde esta não é necessária (SCHIRRMANN, 2008). Essa redução do consumo de água potável gera conseqüentemente a redução na fatura mensal. Além disso, armazenar água da chuva gera baixo impacto ambiental e possui fácil manutenção e utilização.

3.6 LEGISLAÇÃO

As legislações que abrangem o tema água e o tema captação de águas pluviais, no geral, visam manter o equilíbrio dos ecossistemas e buscam permitir a disponibilidade de água de boa qualidade e quantidade às populações, oferecendo diretrizes para que a demanda desse recurso seja de acordo com os limites da natureza (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – AGENDA 21, 2013).

A lei 9.433/97 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos que tem como fundamentos considerar a água como bem de domínio público, limitado e com valor econômico, priorizar seu uso para o consumo humano e a dessedentação de animais em caso de escassez, adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, proporcionar o uso múltiplo das águas e descentralizar a gestão dos recursos hídricos.

Segundo Setti *et al* (2002), a lei 9.433/97 apresenta cinco instrumentos relevantes para a gestão dos recursos hídricos. O primeiro é o Plano Nacional de Recursos Hídricos, que, elaborado por bacia hidrográfica, são planos de longo prazo que visam analisar a situação dos recursos hídricos locais e assim, adotar medidas para implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos. O segundo é o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, visando garantir a qualidade das águas. O terceiro é a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, que consiste em conceder autorização a um usuário para utilizar a água, visando assegurar a disponibilidade desta em quantidade e qualidade. O quarto é a cobrança pelo uso da água que além de induzir o usuário ao consumo racional de água, arrecada recursos financeiros que serão revertidos em ações em favor dos recursos hídricos. O quinto é o Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos, um sistema de dados sobre os recursos hídricos que através da atualização permanentemente dos dados, permite fácil acesso a informações sobre os recursos hídricos em todo território nacional.

No que tange as águas e ao seu aproveitamento sustentável, outro documento importante é a Agenda 21. Segundo Teston (2012),

“[...] o capítulo 18 da agenda 21 apresenta métodos de aplicação de critérios no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Propõe,

dentre outras atividades, a de desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, como dessalinização de água do mar, reposição artificial de águas subterrâneas, aproveitamento de águas residuais e uso de água de pouca qualidade (AGENDA 21, 1992)".

Em 2007, a ABNT criou uma nova norma, a de nº 15.527, que tem como título "Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis", "que discorre sobre as instalações prediais, qualidade da água para usos não potáveis, bombeamento e manutenção do sistema" (TESTON, 2012). A NBR 15.527 ainda cita outros documentos normativos como a

"[...] ABNT NBR 10844/1989, intitulada como Instalações Prediais de Águas Pluviais. Esta Norma fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. (TESTON, 2012)".

Segundo Granziera (2001), tratando especificamente sobre águas pluviais,

"De acordo com o disposto do art. 102, do primordial Código de Águas, "consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas". Tais águas, nos termos do art. 103, "pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário".

O Código de Águas complementa em seu art. 104, que, "transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas" (GRANZIERA, 2001). Segundo a mesma autora isso significa que "a água da chuva que cair em um prédio pode ser aproveitada pelo proprietário, desde que não restem prejudicados os vizinhos. Após a transposição do limite do terreno, sujeitam-se as águas ao regime das águas públicas".

Quanto à utilização e a outorga do uso da água, a Lei 9.433/97 cita em seu § 1º, item II e III, que independem de outorga pelo Poder Público as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes e as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

Considerando a necessidade da quantificação e qualificação dos usos considerados insignificantes, a Resolução SEMA Nº 39, ANO 2004, em seu Art. 1º, dispensa de outorga, considerando-se como de uso insignificante, acumulações, derivações, captações e lançamentos, especificando em seu item I que as acumulações tem limite máximo de 15.000 m³, ou com área de espelho d'água

inferior ou igual 10.000 m², ou com altura de barramento inferior a 1,5 m. A mesma lei em seu Art. 3º, cita que as acumulações, derivações e captações consideradas insignificantes serão objeto de cadastro e fiscalização pelo órgão competente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São Miguel do Iguaçu está localizada no oeste do Paraná e seus primeiros colonizadores chegaram em torno do ano de 1940. Conforme o IBGE (2010), possui 851,304 km² de área e uma população de 25.769 habitantes. A agricultura é a principal atividade econômica do município, porém, a indústria e o comércio ocupam papel não menos importante (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU, 2013).

Utilizando a série de dados do IAPAR até 1998, foram identificados dois tipos climáticos no estado do Paraná, segundo a Classificação Climática de Koppen. Existem o tipo climático Cfa e Cfb, e, conforme essa classificação, o município de São Miguel do Iguaçu possui o tipo climático Cfa em todo seu território, clima este definido como subtropical com verões quentes, tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, não possui estação seca definida, geadas pouco frequentes, sendo que o mês de fevereiro concentra as temperaturas mais altas e o mês mais frio é julho.

O Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, fica situado no Distrito de São Jorge, que pertence ao Município de São Miguel do Iguaçu. Fica à uma distância de 7 Km da cidade de São Miguel do Iguaçu, e, recebe alunos de vários locais que residem nos arredores, inclusive de uma pequena vila próxima. Segundo informações de funcionárias, iniciou suas atividades em dezembro de 1970 e até o ano de 1977 somente ofertava o ensino primário, que compreendia turmas do 1º ao 5º ano. Nesta época, o município era o responsável por manter a escola e seus funcionários. Posteriormente aumentaram as turmas, mudou-se a denominação e o responsável pela manutenção. O ensino foi subdividido do pré a 4ª série, sob responsabilidade do município, e da 5ª a 8ª série, de responsabilidade do Estado do Paraná. As duas escolas passaram a receber nomes próprios: Escola Municipal Professor Artur Cardoso e Escola Estadual Dom Pedro II.

No ano de 2008, passou-se a ofertar o Ensino Médio de forma gradativa. Em 2011 foi implantado de forma simultânea o Ensino Médio noturno, e em 2012, devido à comunidade escolar compreender que os alunos são na maioria do campo e filhos de agricultores, passou a chamar-se Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II. No ano de 2013, devido ao número reduzido de matrículas, a direção e a comunidade escolar decidiram eliminar o Ensino Médio noturno, permanecendo apenas o matutino, remanejando as turmas do 1º e 2º ano para o período da manhã. As duas instituições dividem o mesmo prédio para realizar suas atividades, e juntas, tem 49 funcionários e 289 alunos.

A Figura 3 apresenta o Colégio.



Figura 3 – Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II.

4.2 CÁLCULO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

A obtenção das medidas para efetuar os cálculos foi com base em medições na estrutura do colégio por meio de fitas métricas e com o auxílio da planta da unidade, fornecida pelas funcionárias.

A área de captação não é calculada pela área do telhado, mas sim pela área do retângulo formado exatamente abaixo do telhado. Isso se deve ao fato de que a chuva cai na horizontal, e como o telhado está inclinado, a área em que ocorre a precipitação é menor do que a área do telhado inclinado. Dessa forma, basta descobrir o comprimento e a largura dos retângulos para efetuar o cálculo.

Para dimensionar o sistema de captação de água pluvial foram feitos dois tipos de cálculos, o primeiro que analisou o potencial total do colégio, com base em toda a área coberta da estrutura, e o segundo, que utilizou como referência somente os telhados que conduzem a água para as calhas já instaladas.

Segue Figura 5, que demonstra a área total de cobertura da unidade, utilizada para o cálculo do potencial total de captação.

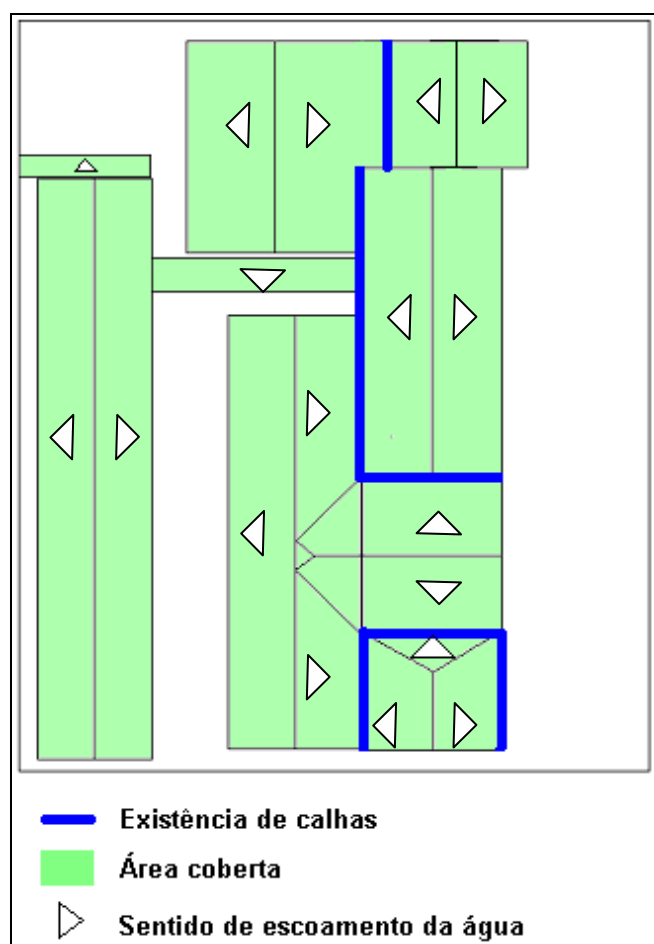


Figura 4 – Área de Cobertura Total do Colégio.

Para descobrir a existência das calhas, qual sua localização e o sentido do escoamento da água pelos telhados foi necessário subir na cobertura da unidade.

Alguns telhados permitem descobrir facilmente o sentido de escoamento e se existem calhas apenas com a visualização, porém, a estrutura sofreu várias ampliações desde a sua fundação, e foram unidos alguns telhados, o que exigiu uma verificação exata de suas áreas, inclinações e se as calhas atendiam realmente toda a extensão de seus comprimentos.

A Figura 6 evidencia os telhados que são atendidos pelas calhas, área esta, utilizada para calcular o potencial parcial de captação.

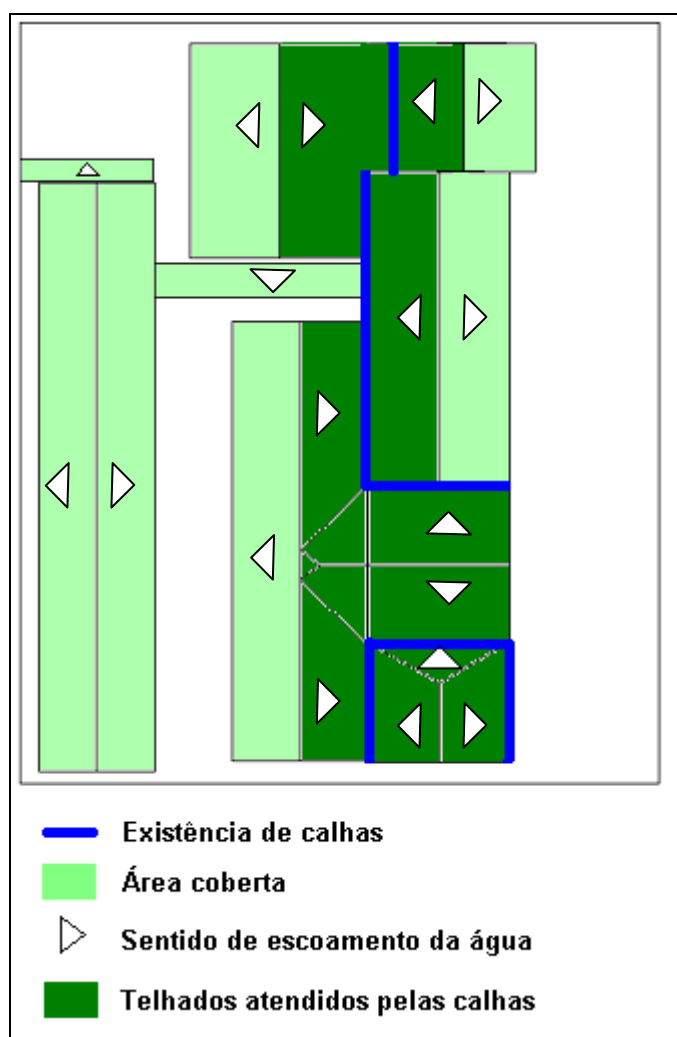


Figura 5 – Área Parcial de Cobertura do Colégio.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

O potencial de captação de água pluvial foi calculado com base na equação (1) prevista pela NBR 15.527.

$$V = P \times A \times C \times n \quad (1)$$

Onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitado.

P é a precipitação média anual, mensal ou diária.

A é a área de coleta.

C é o coeficiente de escoamento superficial de cobertura.

n fator de captação: é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Optou-se calcular o dimensionamento do reservatório com base nos métodos de Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Método de Rippl, também apresentados pela NBR 15.527. São eles:

- Método Azevedo Neto

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm).

T é valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

- Método Prático Inglês

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm).

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

- Método Prático Alemão

V_{adotado} = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6%).

$$V_{\text{adotado}} = \min (V; D) \times 0,06 \quad (4)$$

Onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L).

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L).

V_{adotado} é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

- Método de Rippl

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (5)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação de chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (6)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores de } S_{(t)} > 0 \quad (7)$$

$$\text{Sendo que: } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)} \quad (8)$$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água do reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DOS DADOS DA DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS

Foram analisados os dados pluviométricos do município de São Miguel do Iguaçu, segundo dados fornecidos pelo SIMEPAR (2013). O período de análise compreendeu os anos de 2001 a 2010 e os valores de precipitação são mensais.

A Figura 4 apresenta os dados da pluviosidade do município de São Miguel do Iguaçu, em milímetros.

| Ano | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maió | Junho | Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
|------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| 2001 | 180 | 222,6 | 92 | 148 | 83,6 | 110,4 | 97,8 | 39,2 | 110 | 82,8 | 222 | 174,6 |
| 2002 | 226,8 | 110,2 | 52,8 | 26 | 406,2 | 54,2 | 55,8 | 77,4 | 142 | 323,4 | 317,8 | 162 |
| 2003 | 86,6 | 149,4 | 58,2 | 143 | 77,6 | 65,4 | 60,4 | 14,2 | 67,8 | 291,6 | 150,4 | 457,8 |
| 2004 | 65,6 | 10,2 | 89,4 | 84,6 | 264,4 | 113,6 | 161,6 | 7,8 | 60,6 | 281 | 213,4 | 87 |
| 2005 | 235,6 | 16,4 | 51,6 | 176,6 | 381,2 | 211,2 | 66,8 | 101,4 | 207,8 | 414 | 70 | 79,6 |
| 2006 | 155,6 | 76,8 | 233 | 90,2 | 0,2 | 48,8 | 28,8 | 72 | 154,8 | 134 | 187,6 | 155,6 |
| 2007 | 210,2 | 133 | 113 | 196,6 | 203,8 | 106,2 | 87,6 | 27 | 27,4 | 164,2 | 203,8 | 34,2 |
| 2008 | 120,4 | 78,2 | 79,8 | 139,4 | 44 | 109,6 | 102,6 | 19,2 | 66,4 | 107,8 | 156,8 | 59,6 |
| 2009 | 150 | 205 | 66,8 | 108,8 | 268,8 | 110 | 63 | 161,8 | 178,6 | 326,4 | 291 | 182,4 |
| 2010 | 216,6 | 201,2 | 170,2 | 226,8 | 146,4 | 48,4 | 130 | 28,2 | 96,2 | 282,4 | 77,8 | 246,4 |

Figura 6 – Precipitação em Milímetros em São Miguel do Iguaçu – PR nos anos de 2001 a 2010. Fonte: SIMEPAR (2013).

Com base nos dados obtidos foram elaborados gráficos que permitiram a análise visual da distribuição das chuvas no município de São Miguel do Iguaçu – PR.

A Figura 7, apresenta os totais anuais de precipitação para os anos de 2001 a 2010.

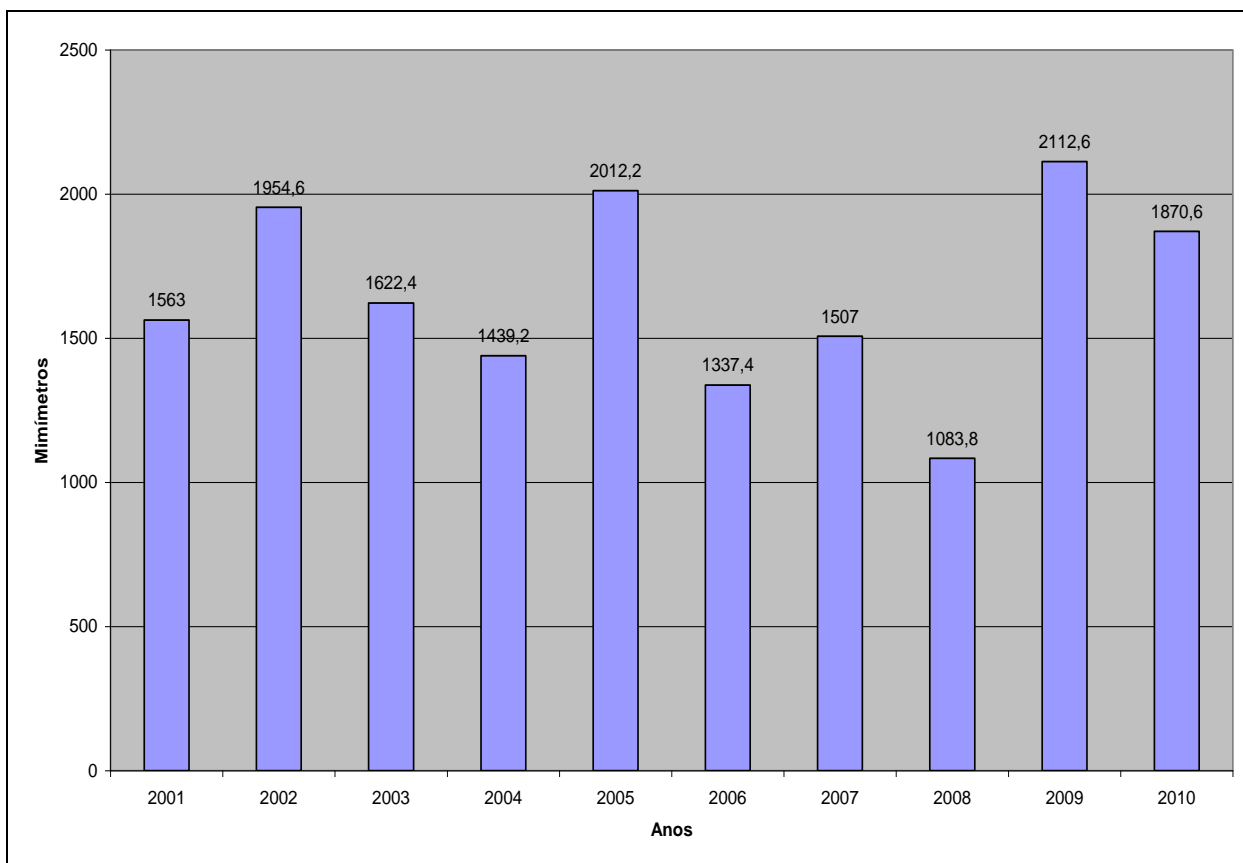


Figura 7 – Totais Anuais de Precipitação para os Anos de 2001 a 2010.

Observa-se pelo gráfico que a região tem um regime de chuvas satisfatório. Mesmo no ano em que menos choveu (2008), essa pluviosidade não foi baixa, porém, considera-se atípico quando comparado aos outros anos do período, como no ano de 2009, por exemplo, que choveu quase o dobro do ano de 2008.

Contudo, analisando-se a pluviosidade ao longo dos dez anos, percebe-se que além da região ter um bom regime de chuvas, houve somente uma oscilação perceptível (de 2008 para 2009) e que os demais anos apresentaram uma regularidade no regime de chuvas.

Com os mesmos dados, foram realizadas análises mensais a fim de obter uma interpretação mais precisa de como ocorreram as chuvas do período estudado na região.

A Figura 8 analisa os dados da pluviosidade total dos meses iguais do período.

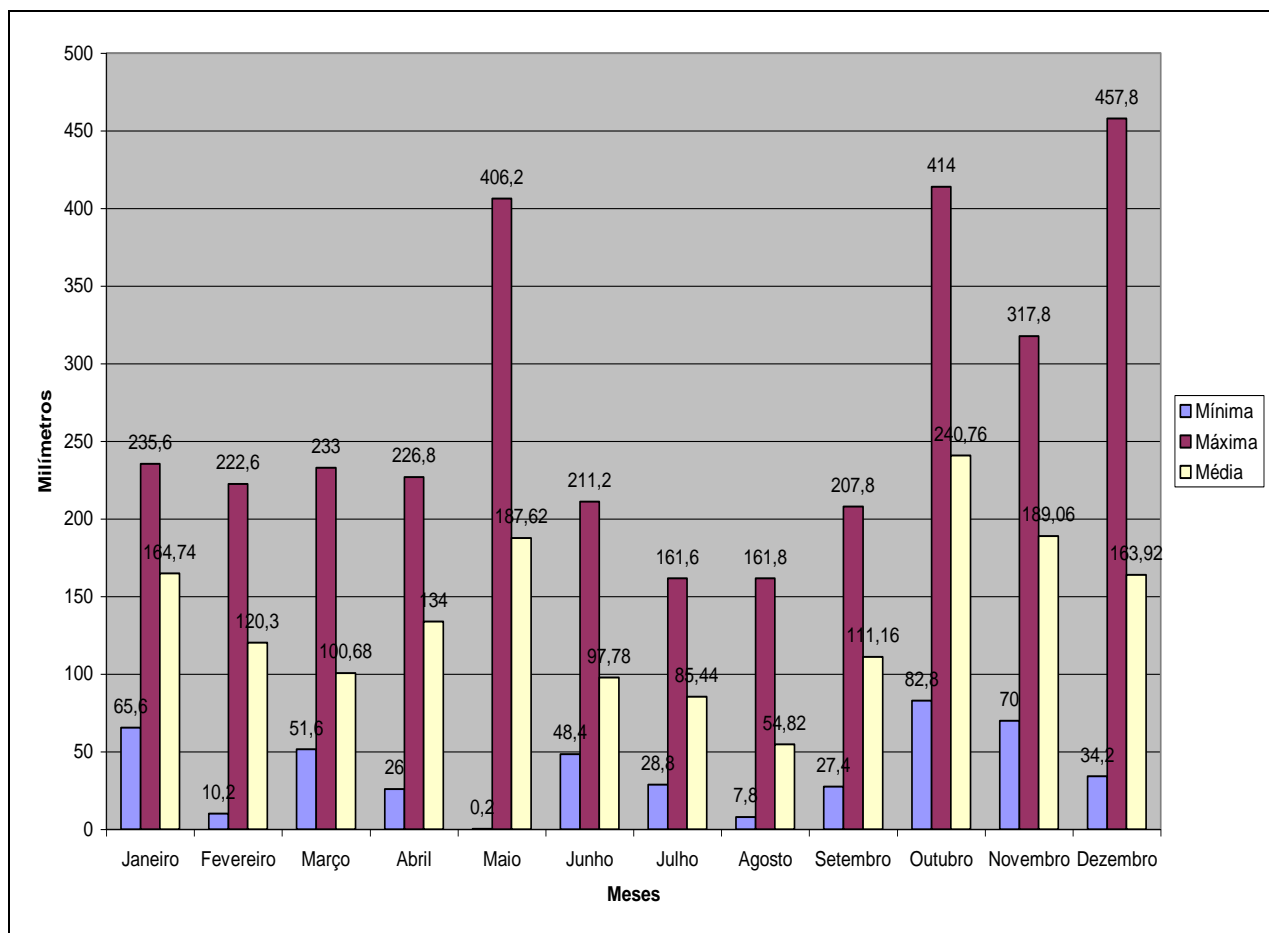


Figura 8 – Pluviosidade Mínima, Máxima e Média para os Anos de 2001 a 2010.

Os meses de menor precipitação foram junho, julho, agosto e setembro, porém, mesmo com a média da pluviosidade do mês de agosto sendo a mais baixa do período, poderia-se captar um volume significativo de chuva.

No geral, há grande oscilação da pluviosidade quando observada mensalmente. Os meses apresentam mínimas e máximas com valores de diferença considerável, como por exemplo em maio, que registrou a menor pluviosidade ao longo dos dez anos, mas que teve também um dos maiores volumes de chuva do mesmo período. Apesar disso, apresentam-se boas médias mensais para se implantar um sistema de captação de água pluvial.

Os mesmos dados foram apresentados em outra forma gráfica, por meio de barras flutuantes, que delimitam o volume mínimo e máximo de chuvas do período analisado, o que ratifica a grande oscilação de chuva citada anteriormente.

A Figura 9 apresenta a variação da precipitação do período em análise.



Figura 9 – Variação de Precipitação Mensal no Período de 2001 a 2010.

5.2 ANÁLISE DO CÁLCULO DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

Com base nas medições da estrutura do Colégio e com o auxílio da planta, foi calculada a área total que a unidade pode captar.

A área total compreende toda a área coberta da unidade estudada. Subdividiu-se esta em 7 partes, para facilitar o cálculo, uma vez que a estrutura permite essa subdivisão em retângulos. Dessa forma obteve-se o comprimento e a largura de cada retângulo e após somou-se a área de cada um.

A área foi calculada a partir da equação 9:

$$\text{área} = \text{comprimento} \times \text{largura} \quad (9)$$

A Figura 10 detalha a maneira como foi calculada essa área:

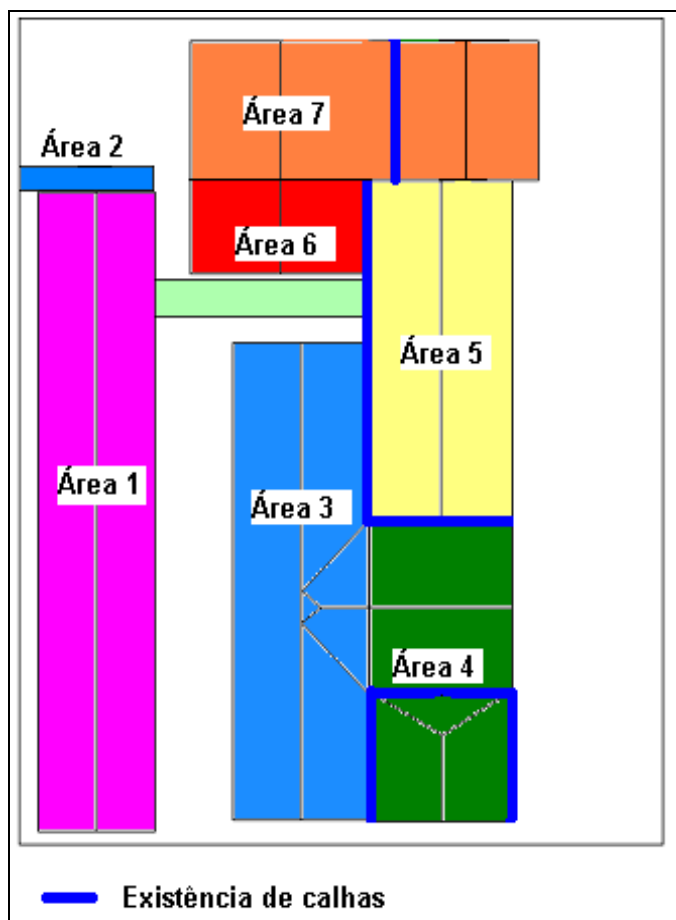


Figura 10 – Subdivisões da Cobertura para o Cálculo do Potencial Total.

A área total foi obtida pela soma das áreas 1 a 7, que perfaz aproximadamente 1.572,10 m².

A área parcial foi calculada com base nos telhados que são atendidos pelas calhas, utilizando-se o mesmo método da área total, ou seja, a área foi subdividida, totalizando seis partes e, a soma dessas seis subdivisões definiu a área parcial de captação do colégio, que é de aproximadamente 622,85 m².

Esses dois cálculos foram efetuados a fim de confrontá-los com a demanda de água do colégio, para assim avaliar qual das duas áreas será ideal para que o sistema de captação não seja superdimensionado e atenda o consumo de água não potável de maneira satisfatória.

A Figura 11 apresenta as subdivisões que facilitaram o segundo cálculo, ou seja, o cálculo da área parcial do colégio.

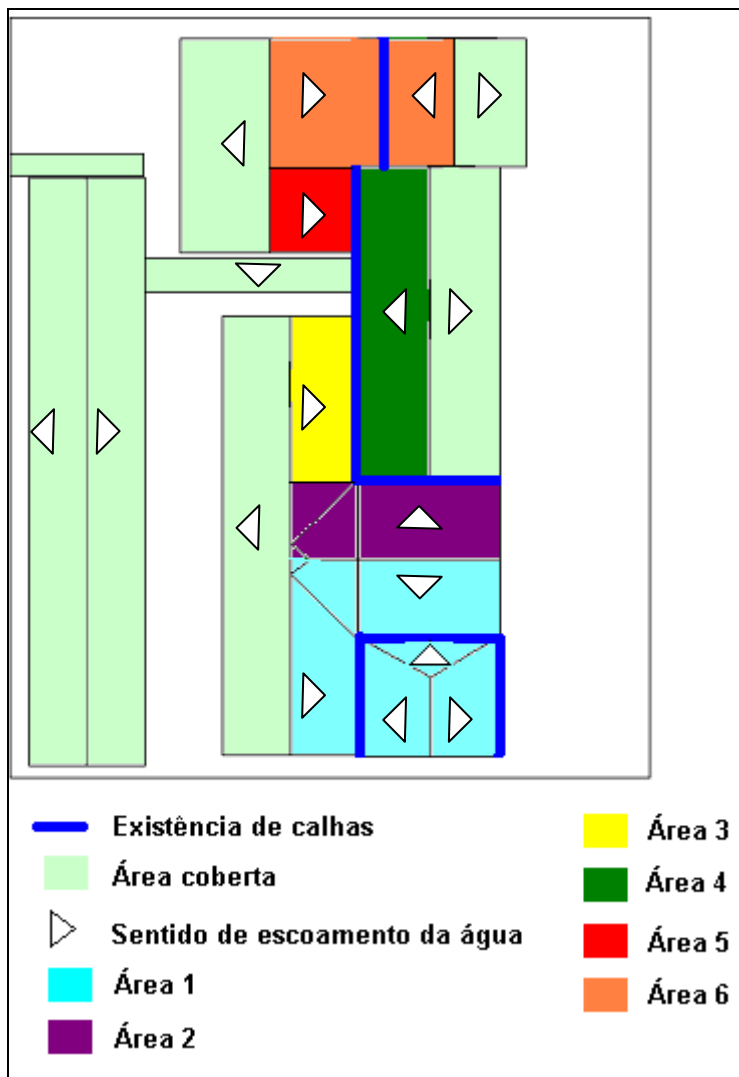


Figura 11 – Subdivisões da Cobertura para o Cálculo Parcial.

5.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

A equação (1) para o cálculo do potencial de captação de água pluvial foi a citada no item 4.3, qual seja, $V = P \times A \times C \times n$. Ela foi utilizada tanto para calcular o potencial total quanto para o parcial da estrutura.

Para P utilizou-se o valor de 1.650,28 milímetros (mm), para ambos os cálculos, pois este valor é a média da soma da pluviosidade total dos anos de 2001 a 2010, que não varia.

Para A adotou-se 1.572,10 m² (área total coberta do colégio) para calcular o potencial total de captação, e 636,95 m² (área com base nas calhas existentes), para calcular o potencial parcial.

Para C o valor escolhido foi 0,95, visto que o telhado em sua totalidade é constituído por brasilites, que não geram perdas consideráveis por absorção e evaporação.

Para n o valor foi 1 uma vez que não existirá o dispositivo de descarte de águas iniciais.

A Tabela 1 apresenta esses valores.

Tabela 1 – Valores dos Componentes da Equação

| Componentes da Equação | Valor |
|------------------------|-------------------------|
| P | 1.650,28 milímetros |
| A (área total) | 1.572,10 m ² |
| A (área parcial) | 636,95 m ² |
| C | 0,95 |
| n | 1 |

Considerando esses valores encontrou-se o valor de 2.464,684 m³ quando considerada a área total coberta da escola, e, para a área parcial, o valor de 998,58 m³, sendo que ambos os valores são anuais. Isso significa uma coleta de 2.464.684 litros para área total e 998.580 litros para área parcial.

O gráfico da Figura 12 apresenta os consumos totais anuais do colégio, que servirão como base para definir qual das duas áreas acima calculadas serão suficientes para atender a demanda.

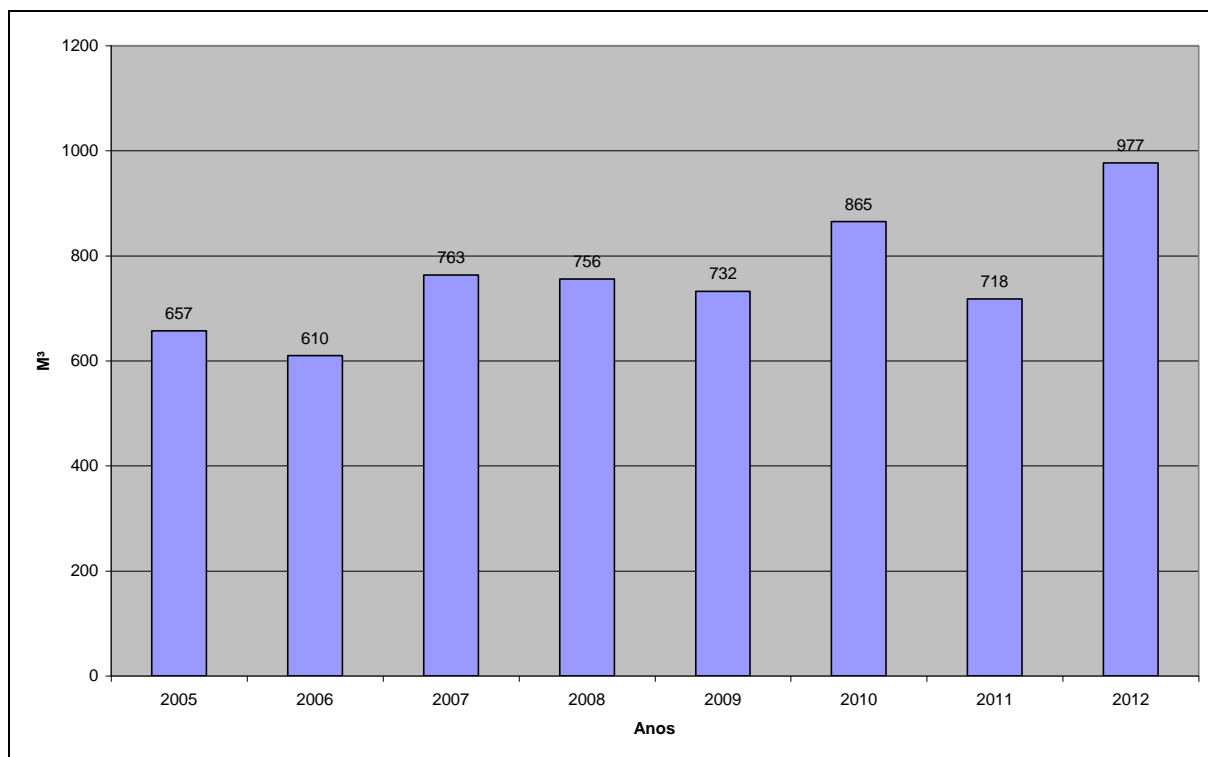


Figura 12 – Totais Anuais de Consumo de Água Potável no Colégio Estadual do Campo Dom Pedro II, nos anos de 2005 a 2012.

Analisando a demanda do Colégio observou-se que o ano em que mais se consumiu água foi em 2012, totalizando 977 m³ de água potável. Vale ressaltar que esse ano foi um ano de reforma na estrutura, portanto, aumentaram os gastos com água.

A média do consumo anual ao longo desses 8 anos é de 748,5 m³. Comparando esses dois valores aos potenciais total e parcial de captação, conclui-se que a área atendida pelas calhas já existentes é suficiente para suprir o consumo, portanto com base nela dimensionou-se o reservatório conforme os quatro métodos especificados no item 4.3.

O primeiro método a ser utilizado é o de Azevedo Neto (equação 2). Para P utilizou-se o valor de 1.650,28 mm, que é a precipitação média anual. Para A utilizou-se o valor de 636,95 m², que é a área parcial do colégio. Para T utilizou-se 1 pois só houve um mês de pouca chuva ou seca, que foi o mês de maio de 2006, perfazendo 0,2 mm. Dessa forma encontrou-se o resultado de 44.148 litros.

A tabela 2 apresenta os valores utilizados na equação (2):

Tabela 2 – Valores dos Componentes da Equação do Método Azevedo Neto.

| Componentes da Equação | Valor |
|-------------------------------|-----------------------|
| P | 1.650,28 milímetros |
| A (área parcial) | 636,95 m ² |
| T | 1 |
| Resultado | 44.148 litros |

O segundo método a ser utilizado foi o Prático Inglês, (equação 3). Para P utilizou-se o valor de 1.650,28 mm, que é a precipitação média anual. Para A utilizou-se o valor de 636,95 m², que é a área parcial do colégio. Com esse método chegou-se a um volume de reservatório de 52.557,29 litros.

A Tabela 3 apresenta os valores dos componentes da equação (3) do Método Prático Inglês.

Tabela 3 – Valores dos Componentes da Equação do Método Prático Inglês

| Componentes da Equação | Valor |
|-------------------------------|-----------------------|
| P | 1.650,28 milímetros |
| A (área parcial) | 636,95 m ² |
| Resultado | 52.557,29 |

O terceiro método foi o Prático Alemão (equação 4). Segundo a norma da ABNT 15.527 é necessário utilizar o menor valor anual entre a demanda (D) e o volume de captação (V) para ser multiplicado por 0,06. O volume anual de captação é 998,58 m³, já a demanda anual foi obtida pela média das demandas anuais de 2005 a 2012, obtendo-se o valor de 759,75 m³. O ano de 2013 não foi incluso porque os dados estão incompletos.

Analisando a demanda e o volume observa-se que a demanda é menor que o volume de captação, portanto utilizou-se a demanda na fórmula, obtendo-se assim o volume do reservatório de 45.585 litros.

A Tabela 4 apresenta os valores dos componentes da equação (4) do Método Prático Alemão.

Tabela 4 – Valores dos Componentes da Equação do Método Prático Alemão

| Componentes da Equação | Valor |
|------------------------|-----------------------|
| D | 759,75 m ³ |
| V | 998,58 m ³ |
| Resultado | 45.585 litros |

Utilizou-se a demanda total do colégio nesse método, pois não dispunha-se informações da quantia de água potável que pode ser substituída por água não potável. Há atividades em que é imprescindível utilizar água potável, como higiene pessoal, para beber e para alimentação.

O quarto método foi o de Rippl (equações 5 à 8). Utilizou-se série histórica de dados mensais para o cálculo. Calculou-se o valor $S_{(t)}$ (equação 5) para cada mês do ano, sendo que $D_{(t)}$ é a média mensal do consumo total de água dos anos de 2005 a 2013, e $Q_{(t)}$ foi obtido pela equação (6).

Na fórmula de obtenção do valor $Q_{(t)}$, que é o volume de chuva aproveitável no mês, utilizou-se para C o valor de 0,95. Para a precipitação utilizou-se a média de cada mês abrangendo o período de 2001 a 2010, e para a área de captação utilizou-se o valor correspondente a área parcial, que totaliza 636,95 m².

O cálculo foi executado primeiramente para janeiro, seguindo até dezembro, portanto, 12 cálculos. Para cada mês foi obtido um valor $Q_{(t)}$ e um valor $S_{(t)}$. O volume do reservatório se dá pela soma dos valores $S_{(t)}$ maiores que zero (equação 7), o que resulta em um volume de 46.874,9 litros.

O método ainda determina que a soma dos valores $D_{(t)}$ (demanda ou consumo no tempo t), seja menor que a soma dos valores $Q_{(t)}$ (volume de chuva

aproveitável no tempo t), conforme equação (8). A soma dos valores $D_{(t)}$ é 776,4 m³, já a soma dos valores $Q_{(t)}$ é de 998,57 m³, o que atende a necessidade da fórmula.

As Tabelas 5 e 6 apresentam os valores dos componentes das equações do Método de Rippl.

Tabela 5 – Valores dos Componentes das Equações do Método de Rippl

| Componentes da Equação | Valor |
|------------------------|-----------------------|
| C | 0,95 |
| Área de captação | 636,95 m ² |
| Precipitação da chuva | ver tabela 6 |
| $S_{(t)}$ | ver tabela 6 |
| $D_{(t)}$ | ver tabela 6 |
| $Q_{(t)}$ | ver tabela 6 |
| Resultado | 46.874,9 litros |

Tabela 6 – Dados dos Componentes das Equações do Método de Rippl para obter os valores de $S_{(t)}$

| | Precipitação (mm) | $D_{(t)}$ (m ³) | $Q_{(t)}$ (m ³) | $S_{(t)}$ (m ³) |
|-----------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Janeiro | 164,74 | 46,44 | 99,6845 | -53,24 |
| Fevereiro | 120,3 | 51 | 72,79 | -21,79 |
| Março | 100,68 | 65,88 | 60,9217 | 4,9583 |
| Abril | 134 | 83,22 | 81,0837 | 2,1362 |
| Maio | 187,62 | 68,66 | 113,52 | -44,86 |
| Junho | 97,78 | 67,33 | 59,1669 | 8,1630 |
| Julho | 85,44 | 61 | 51,6975 | 9,3024 |
| Agosto | 54,82 | 43,25 | 33,1717 | 10,0782 |
| Setembro | 111,16 | 79,5 | 67,2631 | 12,2368 |
| Outubro | 240,76 | 71,25 | 145,6844 | -74,4344 |
| Novembro | 189,06 | 76,62 | 114,4006 | -37,7806 |
| Dezembro | 163,92 | 62,25 | 99,1884 | -36,9384 |
| Total | 1.650,28 | 776,40 | 998,5725 | |

Optou-se por definir o volume do reservatório com base no valor obtido pelo Método de Rippl, uma vez que é um método mais detalhado, com cálculos mais precisos, que utilizam dados mensais.

A Tabela 7 apresenta o dimensionamento do sistema de acordo com cada método calculado:

Tabela 7 – Dimensionamento do Reservatório.

| Método | Resultado |
|----------------|------------------------|
| Azevedo Neto | 44.148 litros |
| Prático Inglês | 52.557,29 litros |
| Prático Alemão | 45.585 litros |
| Rippl | 46.874,9 litros |

5.3.1 Estudo Preliminar de Custos do Sistema Proposto

Para a implantação do sistema será necessário adquirir os seguintes materiais: canos, conectores, separador de folhas para adaptar nas calhas, bomba para conduzir a água coletada para pontos mais distantes, cisterna e registros de saída de água. O volume do reservatório é de 46.874,9 litros, mas, escolheu-se um reservatório com capacidade de 50.000 litros, uma vez que os volumes das cisternas são padronizados pelas fabricantes e este valor é um arredondamento do obtido durante o dimensionamento, garantindo que a coleta não seja menor do que o volume definido para o reservatório.

Devido a dificuldade de encontrar cisternas de 50.000 litros na região, optou-se por adquirir 2 cisternas de 25.000 litros. Outra opção seria instalar 2 cisternas de 20.000 litros e uma de 10.000 litros, porém essa escolha encareceria o projeto.

Como o objeto principal deste estudo é avaliar o potencial de captação do colégio, o projeto em si não será desenhado, pois isso cabe à área da engenharia, impossibilitando obter gastos exatos com canos, conexões, dentre outros materiais. Por este motivo serão estimados apenas os gastos concretos de materiais e mão de obra, que estão apresentados na Figura 13.

| Material | Quantidade | Preço unitário (\$) | Preço total (\$) |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|
| Cisterna de 25.000 litros | 2 | 10.000,00 | 20.000,00 |
| Registros | 2 | 15,00 (por unidade) | 30,00 |
| Bomba (modelo 2CV) | 1 | 1.560,00 | 1.560,00 |
| Separador de folha para calhas | 7 | 15,00 (por unidade) | 105,00 |
| Mão de obra | - | 2.000,00 | 2.000,00 |
| TOTAL | | | 23.695,00 |

Figura 13 – Estimativas do Investimento

Optou-se por sete separadores de folhas, pois eles são instalados em cada saída de água das calhas, e a estrutura tem 7 saídas.

Ao analisar a estrutura constata-se que já existem calhas instaladas e canos que conduzem a água para pontos fixos de saída. Como o sistema de captação será com base na área parcial do colégio, não será necessário fazer novas instalações de calhas, apenas os canos serão necessários, mas para conduzir a água dos pontos de saída até o reservatório.

Para a instalação deste projeto estima-se um custo de implantação de aproximadamente 23.695,00 reais. Lembrando que este valor será maior após o desenho do projeto, uma vez que não foram estimados o preço de alguns materiais.

Para calcular o retorno de investimento precisa-se saber a economia do primeiro mês após a instalação e dividi-la pelo valor do investimento. O resultado serão os meses necessários para retorno do dinheiro investido. Segundo Nogas (2012), em seu estudo e proposta de implementação de sistema para uso racional de água em empresa de transportes no Norte do Paraná, o retorno de investimento ocorreria em aproximadamente 6 anos e 8 meses.

Para Juchen (2011), em seu projeto de captação de água da chuva para fins não potáveis no Colégio Estadual Dom Manoel Konner localizado em Santa Terezinha de Itaipu – Paraná, a economia seria de 50% no consumo, alcançando uma redução de aproximadamente 80 m³ de água potável, tendo seu retorno de investimento em 40 meses (pouco mais de 3 anos).

6 CONCLUSÃO

A região onde o Município de São Miguel do Iguaçu – PR está localizada é favorecida por um bom regime de chuvas, o que torna viável a instalação de projetos de captação de água pluvial com a finalidade de reduzir o gasto de água potável para os usos em que esta não é necessária.

A área total coberta do colégio em estudo poderia captar a média de 2.464,68 m³ anuais de água pluvial. A demanda máxima entre os anos de 2005 e 2013 foi de 977 m³, no ano de 2012. Captar a quantidade que a área total oferece seria superdimensionar o reservatório, uma vez que o consumo seria inferior e não haveria destinação para o uso desse excedente.

O consumo nas dependências do colégio é inconstante, o que pode gerar o fato de haver meses em que sobrar muita água, e outros em que esta faltará nos reservatórios. Não foi possível calcular a demanda de água não potável pois seriam necessárias pesquisas e medições que indiquem com precisão esse gasto, e isso, seria fruto de um novo estudo, fugindo dos objetivos.

Haverá água no reservatório se a chuva for suficiente. Segundo a média mensal da pluviosidade da região dos anos de 2001 a 2010, apenas em agosto não choveria o suficiente para encher o reservatório. No entanto, oscilações no consumo, como por exemplo reformas e uma horta no pátio que no momento está em desuso, afetam a disponibilidade de água.

O colégio possui um grande potencial de captação, que merece ser aproveitado, inclusive o sistema de captação já está parcialmente instalado com as calhas e os canos existentes na estrutura, porém instalando-o existem limitações como a baixa qualidade da água e as restrições de usos, devido a não potabilidade e aumento do gasto de energia elétrica com a instalação da bomba.

Contudo, depois de instalado o sistema reduziria o uso de água potável para fins menos nobres e isso tem valor imensurável para o meio ambiente. Sugere-se que sejam feitos estudos na unidade com objetivo de descobrir a demanda de água não potável a fim de dimensionar com mais precisão o sistema, porém os resultados apresentados auxiliarão outros trabalhos atuando como subsídios para o seu desenvolvimento, mas principalmente para o colégio implantar o sistema de captação de água pluvial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://xa.yimg.com/kq/groups/15906970/1299768517/name/ABNT_NBR_15527__2007++%C3%83%C2%A1gua+da+chuva+-+aproveitamento+de+coberturas+em+%C3%83%C2%A1reas+urbanas.pdf>. Acesso em: 15/09/2013.

FUGITA, Oscar *et al.* **Dreagem Urbana: Manual de Projeto.** 3º ed. São Paulo (SP): [s.n.], 1986.

GRANZIERA, Maria M. G. **Direito de Águas.** 1ª ed. São Paulo (SP): Editora Atlas S.A, 2001.

HIRT, Bruno F.; SANTOS, Diego S. dos. **Avaliação da Filtração de águas pluviais para uso não potável.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cutiba, 2011. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/362/1/CT_EPC_2011_2_13.PDF. Acesso em: 16/09/2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná.** Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em 15/09/2013.

JUCHEN, Carlos R.; MEZZARI, Vanessa C. **Captação de água da chuva para fins não potáveis no Colégio Estadual Dom Manoel Konner.** Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2011. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/toledo/estrutura_universitaria/diretorias/dirppg/anais-do-endict-encontro-de-divulgacao-cientifica-e-tecnologica/anais-do-iii-endict/CAPTACaO%20DE%20AGUA%20DA%20CHUVA%20PARA%20FINS%20NaO%20POTAVEIS%20NO%20COLEGIO%20ESTADUAL%20DOM%20MANOEL%20KONNER.pdf>. Acesso em 17/09/2013. Acesso em: 16/09/2013.

MACINTYRE, Archibald J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora Nacional, 2010.

MOTA, Suetônio. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos**. 2ª ed. [S.l.]. Editora ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

NOGAS, Shaiany C. F. **Estudo e proposta de implementação de sistema para uso racional de água em empresa de transportes no norte do Paraná**. Monografia de especialização. Curitiba (PR), 2012. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/795>>. Acesso em 17/09/2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21**. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em 15/09/2013.

ORSATTO, Fábio; HERMES, Eliane. **Avaliação da Qualidade da água pluvial captada em uma edificação urbana**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira (PR), 2006.

PALHARES, José M. **Água: vida e planeta**. Foz do Iguaçu (PR), [s.n.] 2006.

PINTO, Nelson L. dos S. *et al*. **Hidrologia Básica**. 8º Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU. **A cidade**. São Miguel do Iguaçu (PR), 2013. Disponível em: <<http://www.saomiguel.pr.gov.br>>. Acesso em 15/09/2013.

REBOUÇAS, Aldo da C. *et al*. **Águas Doces no Brasil**. 3ª ed. São Paulo (SP): Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda, 2006.

SCHIRRMANN, Tânia. **Cisterna: Captação e Tratamento**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira (PR), 2008.

SETTI, Arnaldo A. *et al*. **Introdução ao Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. 3ª ed. Brasília. Agência Nacional de Energia Elétrica e Agência Nacional de Águas, 2002.

SOBREIRO, Emerson D.; FREITAS, Eriton F. de. **Reaproveitamento de água pluvial em indústria moveleira: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira (PR), 2010.

TESTON, Andréa. **Aproveitamento de água de chuva: um estudo qualitativo entre os principais sistemas.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/789>>. Acesso em 16/09/2013.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia.** 2º Ed. Porto Alegre: Editora da universidade, 1997.

VIEIRA, Carine C. **Aproveitamento de águas pluviais: Influência do volume de descarte e da filtração na qualidade da água.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2013. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1045>>. Acesso em: 20/09/2013.

