



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

ALLEFF LIAN MESAQUE LOPES COSTA

AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA  
ESTUDO DE CASO – ESCOLA EM PALMAS

Palmas – TO

2019

ALLEFF LIAN MESAQUE LOPES COSTA

AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA  
ESTUDO DE CASO – ESCOLA EM PALMAS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dalton Cardozo Bracarense.

Palmas – TO

2019

ALLEFF LIAN MESAQUE LOPES COSTA

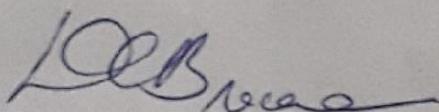
AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA  
ESTUDO DE CASO – ESCOLA EM PALMAS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dalton Cardozo Bracarense.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

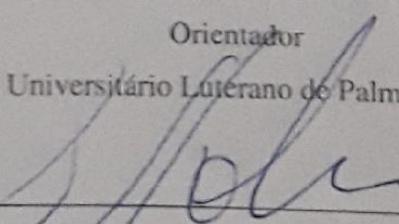
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dalton Cardozo Bracarense

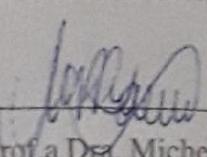
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof.ª Dra. Michele Ribeiro Ramos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

## **AGRADECIMENTOS**

O primeiro agradecimento é a Deus, pelo dom da vida, pela saúde, por cuidar de todas as pessoas especiais para mim e o maior de todos, que é o de ter dado Sua própria vida para me salvar.

Gostaria de agradecer a toda minha família, e em especial a minha Avó Maria Elita e minha mãe Ametista que sempre dedicaram seus esforços, tempo e recursos financeiros para que eu pudesse me tornar uma pessoa de valores e princípios. Tudo o que conquistei, foi pelo apoio incondicional de vocês duas.

Agradeço também a minha esposa Daniela, que me acompanhou em toda a minha jornada acadêmica. Seu apoio, incentivo e paciência foram de grande importância ao longo desses anos, pois me deu forças para persistir e concluir mais essa etapa da vida. Não poderia deixar de mencionar aqui a motivação extra que veio no final dessa jornada, que é a nossa primogênita Mariana, que breve estará conosco. Obrigado por tudo.

Meu caloroso agradecimento vai para todos os meus amigos, que me acompanharam, aconselharam e brincaram com o fato de eu ter demorado um longo tempo para concluir essa graduação.

Ao professor Dalton, pelo suporte, orientação, compreensão e incentivo neste período de estudo.

Aos demais professores e companheiros do curso de Engenharia Civil, e a todos aqueles que auxiliaram para que esse trabalho fosse concluído.

## RESUMO

O Brasil possui um grande volume da água doce disponível no mundo ao comparar com outros países, mas ocorre que com uma distribuição instável e as constantes mudanças climáticas, esse recurso natural tem-se tornado escasso e necessitar ser melhor utilizado. Com isso, o presente trabalho busca verificar se a coleta e aproveitamento de águas pluviais torna-se viável nos pontos de vistas técnicos e econômicos em uma instituição de ensino na cidade de Palmas – TO. Em um primeiro momento, necessitou-se caracterizar a instituição objeto de estudo bem como analisar alguns aspectos, como todo o histórico de chuva da região em questão e o histórico de consumo de água potável da escola. Com os dados em mãos, verificou-se em toda a estrutura da edificação, de que forma a água poderia ser utilizada e quais os pontos poderiam compor o sistema de utilização da água de chuva e também foram feitos todos os cálculos para dimensionar o sistema corretamente. Após isso, os reservatórios superiores e inferiores foram calculados e por último, foi dimensionado o sistema de bombeamento que atendera a demanda da estrutura. Com o decorrer da análise, constatou-se que o sistema só poderá ser utilizado durante seis meses do ano, pois a intensidade pluviométrica dos outros meses, não seria suficiente para atender a demanda da escola, com isso, nos outros meses toda a edificação volta a ser abastecida pelo fornecimento da concessionária da cidade. Através de uma análise técnica e econômica, constatou-se que anualmente o sistema geraria uma economia de R\$ 7.199,56 com água potável. Também se verificou que para implantar todo o sistema de aproveitamento da água de chuva seria necessário R\$ 29.861,66. Sendo assim, seria necessário quatro anos para ter o valor investido recuperado. A implantação do sistema foi considerada viável nos pontos de vistas técnicos e econômicos, pois além da economia financeira a médio e longo prazo, geraria uma mudança de postura das pessoas envolvidas e também diversos benefícios ambientais.

## **ABSTRACT**

Brazil has a large volume of freshwater available in the world when compared to other countries, but it happens that with an unstable distribution and constant climate changes, this natural resource has become scarce and needs to be better used. Therefore, the present work seeks to verify if the collection and use of rainwater becomes viable in the technical and economic points of view in a teaching institution in the city of Palmas. At first, it was necessary to characterize the institution under study as well as to analyze some aspects, such as the entire rainfall history of the region in question and the history of drinking water consumption in the school. With the data in hand, it was verified in the whole structure of the building, in what way the water could be used and which points could be part of the rainwater utilization system and also all the calculations were done to correctly size the system. After that, the upper and lower reservoirs were calculated and finally, the pumping system was designed to meet the demand of the structure. During the analysis, it was verified that the system can only be used during six months of the year, since the rainfall intensity of the other months would not be enough to meet the demand of the school, with that, in other months the whole building comes back to be supplied by the city's concessionaire. Through a technical and economic analysis, it was verified that annually the system would generate an economy of R \$ 7,199.56 with potable water. It was also verified that to implement the entire system of utilization of rainwater would be necessary R \$ 29,861.66. Thus, it would take four years to have the invested amount recovered. The implantation of the system was considered viable in the technical and economic points of view, since besides the financial economy in the medium and long term, it would generate a change of position of the people involved and also several environmental benefits.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	9
1.2 HIPOTÉSES.....	10
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	10
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	10
1.4 JUSTIFICATIVA.....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS .....	11
2.1.1 <i>Reservas de água no Brasil</i> .....	11
2.1.2 <i>Reservas de água no Estado do Tocantins</i> .....	12
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO .....	13
2.2.1 <i>Precipitação em Palmas</i> .....	14
2.3 USO CONSCIENTE DA ÁGUA.....	15
2.3.1 <i>Uso consciente da Água em instituições de ensino</i> .....	16
2.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA .....	17
2.4.1 <i>Aproveitamento da Água de chuva no Brasil</i> .....	18
2.4.2 <i>Aproveitamento da Água de chuva em escolas</i> .....	19
2.4.3 <i>Padrão de Qualidade da água da chuva</i> .....	20
2.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL .....	21
2.5.1 <i>Componentes Básicos de um Sistema para Captação de Água pluvial</i> .....	21
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO .....	26
3.2 ETAPAS DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO .....	28
3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	28
3.3.1 <i>Dados pluviométricos</i> .....	28
3.3.2 <i>Dados de consumo de água</i> .....	28
3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA .....	28
3.4.1 <i>Usos finais da água</i> .....	29
3.4.2 <i>Dimensionamento dos pontos para coleta da água de chuva</i> .....	29
3.4.3 <i>Reservatório de armazenamento</i> .....	32
3.4.4 <i>Sistema de Bombeamento da água</i> .....	33
3.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA.....	33

<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS.....	35
4.1.1	<i>Dados pluviométricos.....</i>	35
4.1.2	<i>Dados de consumo de água.....</i>	36
4.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA .....	36
4.2.1	<i>Usos finais da água.....</i>	36
4.2.2	<i>Dimensionamento dos pontos para coleta da água de chuva.....</i>	38
4.2.3	<i>Reservatório de armazenamento .....</i>	40
4.2.4	<i>Sistema de Bombeamento da água.....</i>	41
4.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA.....	42
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
5.1	conclusões gerais.....	45
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	46
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice de disponibilidade de água per capita (m <sup>3</sup> /pessoa/ano) .....	11
Figura 2 – Regiões hidrográficas do Brasil .....	12
Figura 3 - Demandas por finalidade (retirada, retorno e consumo) no brasil em 2016.....	16
Figura 4 – Sistema de captação da água de chuva.....	18
Figura 5 - Reutilização de Água da Chuva com Bomba de Recalque.....	22
Figura 6 - Filtro para água captada.....	23
Figura 7 - Sistema first-flush.....	23
Figura 8 - Posicionamento Geográfico do Município de Palmas.....	26
Figura 9 - Vista aérea do Colégio Albert Einstein.....	27
Figura 10 - Fachada do Colégio Albert Einstein .....	27
Figura 11– Calha com funil de saída .....	31
Figura 12– Consumo mensal no ano de 2017 em m <sup>3</sup> . .....	36
Figura 13– Instalações hidros sanitárias.....	37
Figura 14 – Pontos de captação e consumo de água.....	39
Figura 15 – Pontos de coletas de água.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperaturas e precipitações médias em Tocantins .....	14
Tabela 2 - Temperaturas e precipitações médias em Palmas .....	15
Tabela 3 - Qualidade da água de acordo com o local de coleta.....	21
Tabela 4 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	29
Tabela 5 - Coeficientes de rugosidade.....	31
Tabela 6 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular .....	32
Tabela 7 - Dados pluviométricos das chuvas médias mensais em Palmas – TO .....	35
Tabela 8 - Distribuição do consumo diário – escola da tipologia EMEF.....	37
Tabela 9 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo.....	38
Tabela 10 – Vazões de projeto .....	38
Tabela 11 – Vazões das calhas .....	39
Tabela 12 – Aplicação do método da simulação diário.....	40
Tabela 13 – Aplicação do método da simulação mensal.....	41
Tabela 14 – Comprimento equivalente da tubulação. ....	41
Tabela 15 – Modelos de bombas de recalque indicadas.....	42
Tabela 16 – Orçamento de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva. ....	43

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente o planeta Terra sempre possuiu uma ampla variedade de recursos naturais. Com o aumento da população, a riqueza de matérias foi ficando escassa e surgiu uma grande preocupação com a conservação desses recursos. A água encontra-se entre os mais importantes recursos, pois é imprescindível para a existência do ser humano.

O Brasil é um dos territórios com a maior fartura de água doce disponível no mundo, mas sofre com alguns percalços. Um deles, segundo Kafruni (2015), é que alguns dos reservatórios de água mais importantes do país, encontram-se com níveis inferiores aos observados em anos anteriores, devido as constantes mudanças climáticas e a falta de chuva. Um segundo fator a se destacar, é o aumento desordenado da população que acaba gerando diversos problemas e conseqüentemente um aumento no consumo de água. Um terceiro ponto, é a má qualidade da água distribuída em algumas cidades que conseqüentemente afeta a saúde da população. De acordo com Martin (2015), casos de diarreia no estado de São Paulo aumentou bastante no ano de 2014 como efeito dessa qualidade duvidosa da água fornecida. Alguns outros problemas também cooperam para uma insuficiência de água potável como diversos desvios no fornecimento da água, desmatamento ilegal e um descaso da administração pública.

Nesse aspecto, tem-se a compreensão de que a conservação dos recursos hídricos é de grande relevância e surge assim uma necessidade de se buscar alternativas para diminuir esses impactos. Um método que vem sendo aplicado com esse intuito, é a utilização da água de chuva para o aproveitamento não potável em alguns tipos de edificações.

No país existe diversas pesquisas que apontam para o uso consciente da água em escolas ou universidades, salientando a importância que essa ação leva ao meio ambiente. Com isso, professores e alunos podem se tornar colaboradores e apoiadores na utilização desse sistema.

A água pluvial coletada pode ser aplicada na dejeção de aparelhos sanitários, torneiras de jardins e na limpeza de calçadas e pátios externos. Com a utilização desse recurso hídrico, reduz-se o consumo de água e, por consequência, custos para a escola que muitas vezes trabalha com orçamentos reduzidos.

### 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Diante do cenário apresentado, esse trabalho visa responder à seguinte pergunta: como viabilizar o aproveitamento de água de chuva em uma escola de Palmas?

## 1.2 HIPOTÉSES

A edificação escolar pode se tornar uma grande fonte de captação de água pluvial, pois apresenta ampla área de cobertura. Portanto a adoção desse sistema terá êxito, pois resultará em uma contenção de gastos e servirá como ferramenta para conscientização e apoio de seus colaboradores e consumidores.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Esse estudo tem por finalidade, averiguar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial para consumo não potável na instituição de ensino fundamental Colégio Albert Einstein, localizado na Quadra 706 sul, cidade de Palmas – TO.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantar informações sobre o local onde pretende-se aproveitar a água bem como as informações pluviométricas da região;
- Dimensionar e orçar um sistema de aproveitamento de água de água de chuva;
- Avaliar a viabilidade técnica e econômica da proposta apresentada.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

“Muitas pessoas não dão muita importância para o consumo consciente de água, porque acham que ela é um recurso inesgotável, podendo ser utilizada à vontade” (MACHADO, 2015). Mas o fato é que a demanda de consumo mundial cresce em grande escala a cada ano, e em pouco tempo teme-se que alguns países ultrapasse a linha da oferta e demanda, aumentando ainda mais a insuficiência de água na Terra.

Segundo Costa e Barros Junior (2005), a água, possui um grande valor econômico, pois a sociedade necessita dela a tal ponto, que não pode ser comparada com qualquer outro bem. Trucom (2007), também comenta que a sociedade precisa apresentar novos hábitos e uma consciência a nível global para esse bem valioso possa ser melhor aproveitado.

Para reduzir as consequências dessa previsível escassez, e visando a estimável importância da água, surge algumas opções para se reduzir os impactos causados. Dessa maneira, a principal fundamentação desse estudo, é viabilizar a diminuição do consumo de água, a redução dos custos com a fatura e a conscientização dos educadores e alunos, para que esse recurso natural limitado possa ser melhor aproveitado.

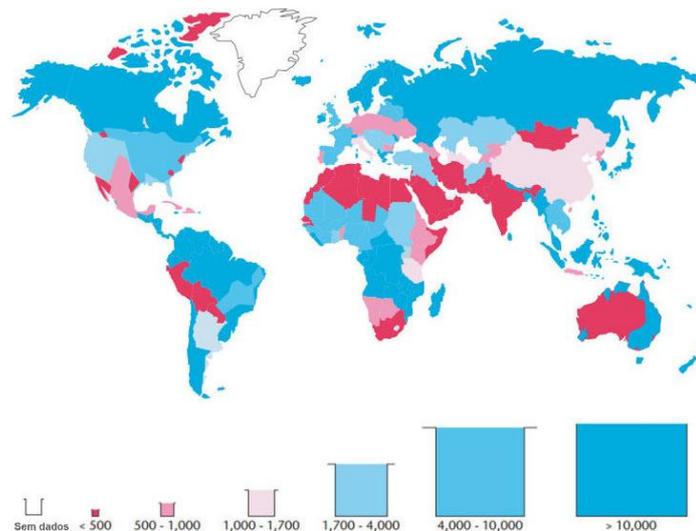
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

A água é um recurso natural renovável abundante, que ocupa aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta. No entanto, 97% desta água é salgada e, portanto, imprópria para o consumo. Menos de 3% da água do planeta é doce, das quais 2.5% está presa em geleiras. Dos 0.5% de água restantes no mundo, a maior parte está presa em aquíferos subterrâneos, dificultando o acesso humano (SAVEH, 2017)

É notável a limitação de água doce disponível no planeta. O cenário se agrava ainda mais pelo fato de ser distribuída de forma desigual, tendo sua maior concentração em poucos países. Levando-se em conta a densidade populacional, a variação de água per capita é muito grande, como apresentado na figura abaixo.

Figura 1 - Índice de disponibilidade de água per capita ( $m^3$ /pessoa/ano)



Fonte: SAVEH (2017) apud (Revenga, C., 2000) em UN Water, 2006.

A SAVEH (2017), ainda comenta que os locais que possuem uma certa quantidade no volume de água, também possui o risco de escassez, seja por uma dificuldade logística ou mesmo por problemas climáticos, como aconteceu no estado de São Paulo no ano de 2016.

#### 2.1.1 Reservas de água no Brasil

O país é tido como uma autoridade econômica e mundial quando se trata de disponibilidade de água doce, tendo em vista que o Brasil possui um pouco mais que 10% das reservas de água que existem no mundo. Esse fato importante, no entanto, não significa que a crise hídrica nunca tenha atingido o país.

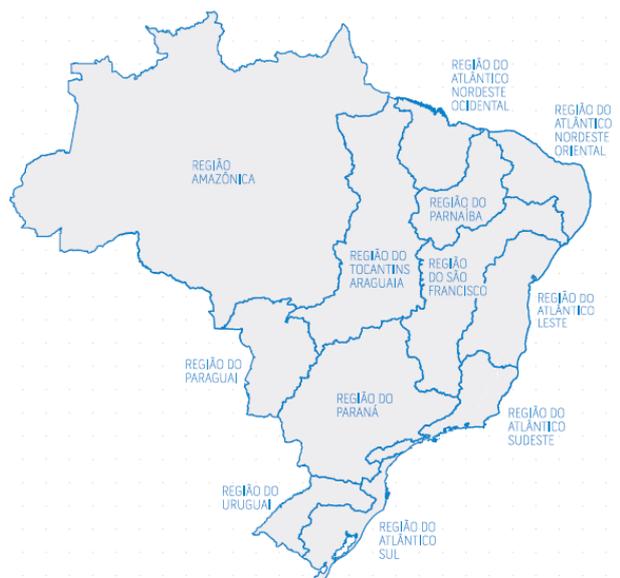
A região amazônica é a que possui a menor densidade demográfica do país, e é também a com o maior volume de água doce disponível. Segundo a ANA (2017), cerca de 80% da superfície hídrica do Brasil está na bacia amazônica, causando assim um certo desequilíbrio, pois a oferta é maior que a demanda nessa localização.

Pena (2015), comenta que diferentemente da região Norte, as regiões Sudeste e Nordeste que possuem os maiores índices populacionais, apresentam algo em torno de 11% desses mesmos recursos. Isso tudo, não significa que apesar dessa vasta abundância, as regiões com essa enorme quantidade de água estejam livres de crises hídricas, tendo em vista que além da disponibilidade, faz-se necessário também um planejamento e uma infraestrutura mínima para que a distribuição desse recurso aconteça.

Mas a própria região Nordeste serve como parâmetro para provar que o problema não se trata só da pouca quantidade de recursos hídricos versus quantidade de habitantes, mas de questões políticas ou administrativas também, pois os problemas da seca não ocorrem na região litorânea que é a mais populosa, e sim na área do semiárido nordestino, região com menor densidade demográfica.

Em geral, as águas que percorrem o território brasileiro passam por diversas bacias, que são utilizadas de diferentes formas. No Brasil, as bacias hidrografias são divididas em 12 regiões conforme observado na figura 2.

Figura 2 – Regiões hidrográficas do Brasil



Fonte: ANA (2017)

### 2.1.2 Reservas de água no Estado do Tocantins

O estado do Tocantins é um dos principais do país quando se trata em volume de recursos hídricos, sendo que toda a sua área, cerca de 27 milhões de hectares, encontra-se

inserida na bacia Tocantins-Araguaia. Conforme estudo feito pela SEMARH (2017), a vazão das águas do estado ultrapassa os 13.000 m<sup>3</sup>/s e a precipitação anual gira em torno de 1.700mm.

De acordo com a PERHT (2008), o estado possui 14 bacias hidrográficas em uma área de 172.828,2 km<sup>2</sup>, tendo como destaque a bacia do Rio Tocantins, ocupando cerca de 29 % do território tocantinense.

Segundo a SEMARH (2017), somente 5% de todo o potencial existente é utilizado para atender as demandas que a região possui em todos os seus setores, mesmo com isso, inúmeros investimentos são feitos visando a segurança hídrica, buscando garantir assim a oferta de água com quantidade e qualidade suficiente para a vida dos tocantinenses.

Mas o cenário não se encontra tão favorável assim, pois conforme a ANA (2017), a bacia hidrográfica Tocantins e Araguaia enfrenta uma considerável redução nos níveis de vazão e volume armazenado desde o ano de 2016.

Na capital Palmas, essa redução nos níveis hídricos pode ser percebida em muitos dias no decorrer do ano, pois sofre com racionamentos pontuais e constantes manutenções no sistema que abastece a cidade.

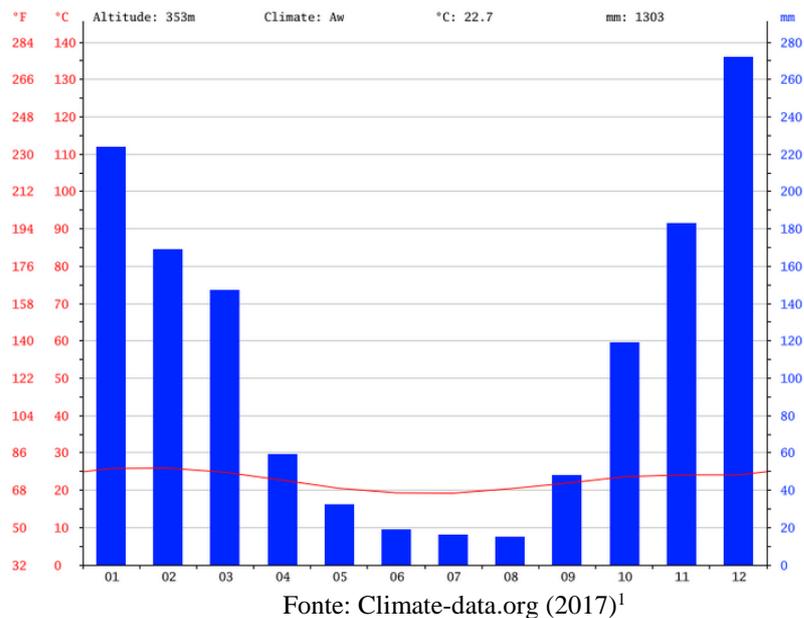
## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

A Precipitação configura-se como a liberação de água sobre a superfície terrestre, e pode ser apresentada de algumas formas, como o chuvisco, chuva propriamente dita, neve, granizo entre outras. No Brasil, existe a Rede hidrométrica Nacional (RHN) que faz todo o monitoramento hidrológico, que ocorre em estações pluviométricas e fluviométricas, gerando assim os dados sobre várias características, entre elas a de precipitação.

Todos os dados de precipitação, de níveis mínimos e máximos, de vazão e de disponibilidade hídrica são calculados a partir dessas séries de dados. Quanto maior o período de registros, mais confiáveis tendem a ser as séries de dados hidrológicos e as estimativas feitas a partir delas. (ANA, 2017)

A classificação climática do estado de Tocantins, de acordo com o sistema de classificação global Köppen-Geiger, é clima tropical, com menos pluviosidade no inverno que no verão e de tipo AW, sendo o mês mais chuvoso dezembro e o mais seco agosto conforme mostra a tabela 1. Outra característica importante se dá ao fato de um semestre apresentar altos índices de precipitação, enquanto o outro apresenta níveis pequenos.

Tabela 1 - Temperaturas e precipitações médias em Tocantins



### 2.2.1 Precipitação em Palmas

A cidade de Palmas, localizada na região central do estado do Tocantins, apresenta duas estações bem distintas: uma seca e outra úmida, atingindo altas temperaturas durante o ano, sendo considerada por muitos, a capital mais quente do país.

Analisando os dados, percebe-se que a precipitação média anual varia entre 1.200 a 1300 mm. O mês que apresenta o menor índice pluviométrico é o de julho com 0,00 mm de precipitação. Janeiro com 246,00 mm de precipitação, é o mês mais chuvoso.

Conforme dados apresentados pela Sonda (2017), no período do verão e no início do outono, a umidade relativa do ar apresenta índices mais elevados, em torno de 80%. Entre os meses junho e outubro, a umidade apresenta uma constante e gira em torno de 70%. Já no mês de agosto, os índices pluviométricos chegam a níveis pequenos enquanto a temperatura atinge seus maiores níveis. A cidade de Palmas apresenta uma temperatura média de 26° C e apresenta as temperaturas mais amenas no mês de junho, conforme visto na tabela 2.

<sup>1</sup> Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/tocantins-176027/>

Tabela 2 - Temperaturas e precipitações médias em Palmas

Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	21°	31°	246
Fevereiro	21°	31°	217
Março	21°	31°	171
Abril	21°	32°	100
Maio	19°	32°	15
Junho	16°	32°	2
Julho	15°	32°	0
Agosto	16°	35°	2
Setembro	19°	35°	19
Outubro	21°	33°	121
Novembro	21°	31°	197
Dezembro	21°	31°	212

Fonte: Clima tempo (2017)<sup>2</sup>

De modo geral, como destaca Silva e col. (2010), a cidade de Palmas expõe uma considerável variação nos índices pluviométricos, indicando assim, que essas mudanças acompanham as alterações climáticas que vem acontecendo em todo o planeta nos últimos anos.

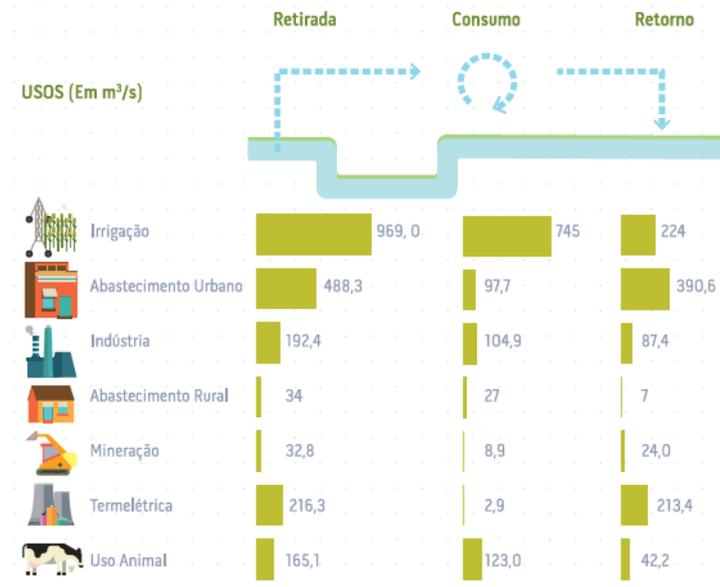
### 2.3 USO CONSCIENTE DA ÁGUA

Os principais usos da água no Brasil são para irrigação, abastecimento humano e animal, industrial, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer. A compatibilização dos usos múltiplos da água deve levar em conta as peculiaridades e diferentes necessidades de cada uso. A qualidade das águas não é relevante para a navegação, por exemplo, mas ela necessita de quantidades mínimas de água para sua viabilidade. Por outro lado, a boa qualidade de água é essencial para o abastecimento humano e para o lazer em balneários, entre outros usos. (ANA, 2017)

Devido a necessidade da utilização da água em diversos setores da sociedade e seu retorno em menor volume, como apresentado na figura 3, Marinoski (2007), destaca que várias ações são necessárias para que o consumo de água possa ser reduzido, desde simples campanhas educativas como também estudos para o aproveitamento da água da chuva.

<sup>2</sup> Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/593/palmas-to>

Figura 3 - Demandas por finalidade (retirada, retorno e consumo) no Brasil em 2016



Fonte: ANA (2017)

Algumas teorias e tecnologias que vem surgindo com o passar do tempo, viabiliza a discursão de ações em busca de um uso racional da água, e essa, só pode ser obtida com uma mudança comportamental da sociedade.

De acordo com Tomaz (2010), alguns países industrializados como os Estados Unidos, Alemanha e Japão já dedicam tempo no estudo do uso consciente da água e buscam novos métodos para que se aproveite ao máximo a água que já foi utilizada. Nesse sentido, é comum ver nessas localidades aparelhos sanitários de baixo consumo, chuveiros e torneiras mais eficientes e o aproveitamento das águas pluviais.

Esse uso racional dos recursos hídricos, pode disponibilizar água de melhor qualidade para ser utilizada em outros fins, como irrigação, o estabelecimento de indústrias e atender a demanda do crescimento populacional. Entretanto se faz necessária uma conscientização dos usuários de todo o sistema visando esse melhor aproveitamento da água.

Marinoski (2007) ainda destaca que com o uso racional da água, diversos aspectos tendem a melhor em relação aos aspectos ambientais e econômicos como:

- Economia nas contas de fornecimento de água;
- Conservação dos recursos hídricos;
- Preservação do meio ambiente.

### 2.3.1 Uso consciente da Água em instituições de ensino

Em universidades e escolas, que geralmente o usuário não se responsabiliza diretamente pelo pagamento das despesas com o consumo de água, ocorre um desperdício muito grande de

água. Com isso, o uso racional da água é tema de estudos e programas que tem como objetivo principal a redução no consumo desse recurso hídrico.

No ano de 2014 a colégio estadual Nereu Ramos na cidade de Manoel Ribas no estado do Paraná, implementou um projeto com várias ações específicas, com o intuito de incentivar o uso consciente da água pelos alunos e colaboradores. Willemann (2014), destaca que a participação direta dos docentes e discentes permitiu que todos se tornassem agentes nesse processo de conscientização de uso racional da água, trazendo uma melhoria e uma economia de custos para a instituição.

Ainda pode-se destacar o programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo (PURA-USP), que segundo Marinowski (2007), tem como objetivo a busca pela diminuição do consumo de água na instituição. O programa tem conseguido atingir o objetivo que foi criado que é a redução da demanda per capita na cidade universitária, e contribuindo assim na melhoria de diversas outras áreas da instituição, sendo que uma das mais importantes é a mudança comportamental dos usuários.

## 2.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

A utilização dos sistemas de aproveitamento da água de chuva traz diversos benefícios, como a redução do consumo de água potável, a diminuição os custos com a água fornecida pela companhia de abastecimento e uma contribuição com a preservação do meio ambiente.

Bona (2014), aponta algumas vantagens na adoção de um sistema de coleta de água pluvial, como citado abaixo:

- Pode-se utilizar as estruturas já existentes na edificação;
- Qualidade razoavelmente aceitável, para consumo não potável;
- Contribui para a redução de consumo de água potável;
- Auxilia no escoamento superficial, visto que a água será armazenada, reduzindo assim risco de alagamento;
- Baixo impacto ambiental;
- Manutenção simples;

Alguns fatores são importantes para que a água da chuva possa ser aproveitada como: a precipitação na região, área disponível para captação e demanda da edificação. Para verificar a viabilidade de implantação de um sistema de coleta, fatores ambientais, climáticos e econômicos devem ser levados em conta.

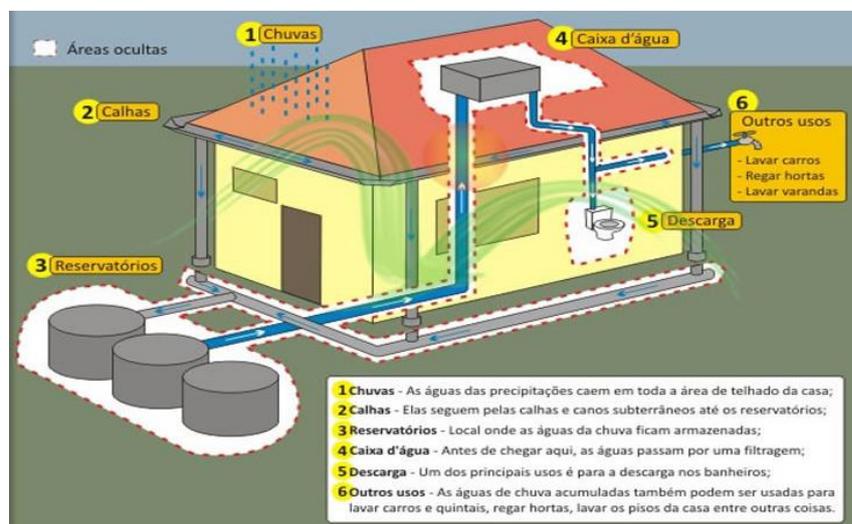
O uso do recurso hídrico pode se dar de diferentes maneiras e em algumas atividades como em indústrias, residências e no setor agrícola. Na área residencial, a água captada pode ser aproveitada em aparelhos sanitários, sistema de combate a incêndio, lavagem de áreas

externas, roupas e automóveis. Já na agricultura, pode ser empregada na irrigação de plantações. Nas indústrias, pode ser utilizada em limpezas industriais e lavagem de maquinário.

De acordo com May (2004), quatro componentes básicos compõem todo o sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial: áreas de coleta, condutores, local de armazenamento e tratamento.

O funcionamento desse sistema, segundo Marinoski (2007), consiste na captação da água que escorre sobre os telhados da edificação, sendo conduzida até a região de armazenamento por intermédio de calhas e os condutores verticais e horizontais, sendo então armazenada em um reservatório, conforme mostra a figura 4. Após isso, a água é bombeada a um outro reservatório que se encontra elevado, sendo então distribuída.

Figura 4 – Sistema de captação da água de chuva



Fonte: Portal saneamento básico (2016)<sup>3</sup>

#### 2.4.1 Aproveitamento da Água de chuva no Brasil

Na história da humanidade, vários registros indicam que o hábito de utilizar a água de chuva é bem antigo. Mas especificamente no Brasil, experiências em torno do aproveitamento das águas pluviais começaram a ficar mais intensos nos últimos 20 anos. A evolução desses estudos é nítida, ao ponto de já existir uma associação específica que divulga pesquisas, reúne equipamentos e serviços sobre esses assuntos, a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva (ACBMAC).

Na capital de Santa Catarina, Florianópolis, uma empresa no ramo da tecnologia implantou esse sistema de aproveitamento da água de chuva. Segundo Thomé (2014), a

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/lei-vai-obrigar-uso-de-agua-da-chuva-em-novos-imizeis-de-sao-carlossp/>

economia dessa empresa que também reaproveita a energia solar, chega a ser de 80%. Já em na cidade Blumenau, localizada no vale do Itajaí no estado de Santa Catarina, o sistema foi instalado em um hotel. Estima-se que a economia com essa implantação gira em torno de 684.000 litros.

Ainda no estado de Santa Catarina, Montibeller e Schmidt (2004), elaboraram um estudo sobre o impacto econômico que geraria na região com a implantação do sistema utilização de água de chuva em 66 municípios. Os resultados demonstraram que 86% das cidades obtiveram uma economia que girou em torno de 74%

O estado do Tocantins também demonstra que está se empenhando para que o aproveitamento da água da chuva se torne uma realidade. No ano de 2013 segundo dados fornecidos pela agencia tocantinense de saneamento (ATS), o governo instalou 11.350 cisternas na região sudeste do estado. Localidade essa, que sofre com constantes secas no período de estiagem. Com essa iniciativa governamental, estima-se que 57 mil moradores seriam beneficiados, podendo assim armazenar água precipitada e utilizar no período de seca.

Além disso, outros estudos e pesquisas referentes a aproveitamento de água pluvial são desenvolvidos no país.

#### **2.4.2 Aproveitamento da Água de chuva em escolas**

As construções escolares possuem um grande potencial para a implantação de um sistema de aproveitamento da água de chuva, pois identifica-se uma grande área de cobertura, podendo coletar assim, uma quantidade maior de água. Por não causar nenhum impacto ao meio ambiente e gerar uma eventual economia com água potável, esse sistema torna-se importante no ambiente escolar.

Por atender um número alto de pessoas, acaba se tornando um forte meio de divulgação desse uso racional da água e acaba conscientizando também os possíveis usuários (WERNECK & BASTOS, 2006).

Um estudo técnico e econômico se faz necessário em um momento anterior a implantação desse sistema de aproveitamento de água pluvial, levando em conta os dados específicos da edificação, índices de precipitação, área de captação e a demanda mensal, podendo assim estimar uma eventual economia.

Em estudo elaborado por Trindade e col. (2017), com o intuito de avaliar a viabilidade do uso da água de chuva pluvial para fins não potáveis em uma escola municipal no município de Lagarto, no estado do Sergipe, observa-se que implantação desse sistema geraria uma

economia de aproximadamente R\$ 900,00 por mês, e seu tempo de retorno estaria estimado em 40 meses.

### 2.4.3 Padrão de Qualidade da água da chuva

A qualidade da água da chuva pode ser diferenciada em quatro etapas: a primeira etapa é a qualidade da chuva antes de atingir o solo; na segunda etapa é a qualidade da chuva depois de se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado; a terceira etapa é quando a água de chuva fica armazenada em um reservatório e tem a sua qualidade alterada e depositam-se elementos sólidos no fundo do mesmo e a água está pronta para utilização; na quarta etapa a água chega ao ponto de consumo, como por exemplo, a descarga na bacia sanitária (WEIERBACHER, 2008).

As características naturais da água também são alteradas em função da superfície utilizada para sua coleta. Com isso, faz-se necessário a eliminação da primeira chuva que passa pelo sistema, conhecida como autolimpeza, higienizando assim os componentes. Essa limpeza colabora para evitar possíveis contaminações da água com fezes de pássaros.

Promovendo uma certa segurança nos locais de coleta de água, a qualidade da água certamente será melhor. Nas regiões em que há uma certa escassez de fonte das águas, o recurso hídrico coletado na chuva é empregado de todas as formas, inclusive para consumo, sendo assim, percebe-se que dependendo do cuidado tomado ao captar a água se dá a sua utilização. Outro fator preponderante é o nível de poluição atmosférica, pois pode comprometer a qualidade da água.

Segundo Silveira (2008, apud Santos, 1993), existem alguns critérios específicos dependendo da sua forma de utilização. São eles:

- Proteção à saúde da população: independente da forma de utilização, precisa-se ter a segurança da qualidade mínima dessa água. A proteção à saúde está sempre em primeiro lugar nos critérios analisados;
- Requisitos de uso: em usos residências, industriais ou alguns outros, os requisitos físico-químicos de qualidade da água, estão relacionados diretamente com a saúde dos cidadãos. A aceitabilidade de uso da água vem das análises físicas, químicas e microbiológica;
- Aspectos estéticos: a aparência é bastante relevante para usos mais nobres, devendo ter as aparências de uma água potável. Um bom exemplo disso é no recurso hídrico utilizado na descarga de vasos sanitário ou em irrigações;
- Percepção da população e/ou do usuário: os órgãos de controle, devem garantir que a água é segura e sua utilização é aceitável, impondo assim limites para estabelecer a qualidade da água.

O local onde é feito a coleta da água proveniente da chuva, pode indicar formas mais seguras para sua utilização como a tabela 4 demonstra abaixo.

Tabela 3 - Qualidade da água de acordo com o local de coleta

Grau de Qualidade	Local de coleta da chuva	Observações
A	Telhados (Locais não ocupados por pessoas ou animais)	Lavar banheiros, regar as plantas, a água pode se dar para consumo humano (se purificada)
B	Telhados (Locais frequentados por pessoas e animais)	Somente para usos não potáveis (lavar banheiros, regar as plantas), após pequeno tratamento, não pode ser usada para beber.
C	Terraços e terrenos impermeabilizados; Áreas de estacionamento.	É necessário tratamento mesmo que para usos não potáveis
D	Estradas, Vias Férreas Elevadas.	Mesmo para os usos não potáveis, necessita tratamento.

Fonte: Group Raindrops, 2002, apud Silva, 2007

Telles (2014), ainda aponta que a água coletada pode ser tratada das seguintes formas: fervura, filtração, SODIS, cloração e carvão ativado. A fervura é um tipo de tratamento muito caro, pois gera um custo muito alto com energia elétrica. Já a filtração é uma prática bem popular, podendo ser industrializada ou confeccionada com materiais básicos. O SODIS por sua vez, utiliza da radiação solar para eliminar os microrganismos que eventualmente causariam danos à saúde. A cloração baseia-se na adição de uma pequena quantidade de cloro na água, para eliminar também elementos nocivos à saúde. Enquanto o carvão ativado que se equivale a um tratamento físico-químico, eliminando assim os poluentes da água.

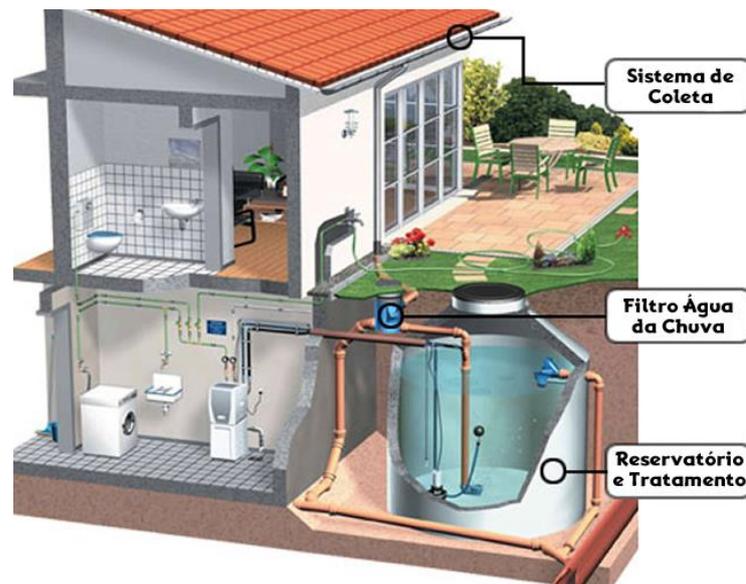
## 2.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

### 2.5.1 Componentes Básicos de um Sistema para Captação de Água pluvial

De acordo com ACQUASAVE (2008), a composição do sistema de captação da água da chuva é composta por 4 componentes básicos: captação da água, filtração, armazenamento e a distribuição final.

A Figura 5 ilustra um sistema de reuso de água da chuva em residência, com utilização de uma bomba de recalque.

Figura 5 - Reutilização de Água da Chuva com Bomba de Recalque



Fonte: Sebrae, 2017

#### a. Captação de água

Através de telhados, lajes ou outros tipos de coberturas, inicia o processo de captação da água precipitada. Após as calhas começam a coletar a água e direcionar através de tubos para o reservatório que está enterrado ao lado da casa.

#### b. Filtragem

Como comentado no item 2.4.3, existem algumas maneiras para se tratar o recurso hídrico captado pelo sistema. Em alguns métodos, optam-se pela não utilização de filtros, para se aplicar então, alguns desses outros meios de purificação da água.

Quando decide-se utilizar um filtro acoplado ao sistema, deve-se considerar alguns modelos disponíveis no mercado. A Aquesol (2016), demonstra de forma prática o funcionamento de um desses filtros, conforme demonstrado na figura 6, nas seguintes etapas:

- A água da chuva é freada ao entrar no filtro, na sua parte superior, descendo então pelas lamina de cascatas, seguindo seu desenho.;
- A limpeza preliminar acontece nesse momento, tendo sua sujeira mais grossa desviada para a rede pluvial;
- A água que já está livre das impurezas maiores, passa assim por uma tela (malha de 0.26 mm) na parte de baixo da cascata. A sujeira é então eliminada;
- A água limpa é direcionada para o armazenamento;
- A sujeira eliminada encaminha-se para a rede pluvial.

Figura 6 - Filtro para água captada

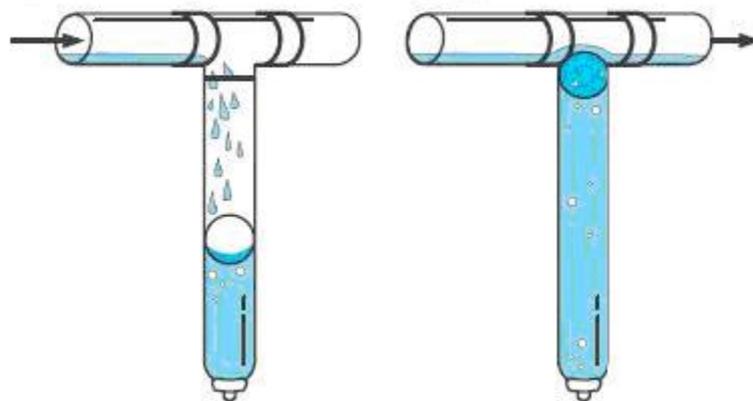


Fonte: Aquesol, 2016<sup>4</sup>

Existe também um equipamento que faz a dispensa das primeiras águas da chuva, se tornando então uma alternativa técnica para otimização de tempo e recursos financeiros.

A figura 7 apresenta esse equipamento chamado de first-flush.

Figura 7 - Sistema first-flush



Fonte: harvesth2o, 2013<sup>5</sup>

Segundo Bertolo (2006), o sistema armazena as primeiras águas em um pequeno reservatório. Após seu enchimento, entope a passagem conduzindo assim a água para seu verdadeiro armazenamento. O pequeno reservatório vai se esvaziando com o passar do tempo por um pequeno orifício na sua parte inferior.

<sup>4</sup> Disponível em: [http://www.aquesol.com/produtos/0,5092\\_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik](http://www.aquesol.com/produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik)

<sup>5</sup> Disponível em: [http://www.harvesth2o.com/first\\_flush.shtml#.W7YEufZRfIU](http://www.harvesth2o.com/first_flush.shtml#.W7YEufZRfIU)

### c. Armazenamento

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água de chuva é o reservatório, que deve ser dimensionado, tendo como base, entre outros, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, disponibilidade hídrica (regime pluviométrico) e confiabilidade requerida para o sistema. Ressalta-se que a distribuição temporal anual das chuvas é um importante variável a ser considerada no dimensionamento do reservatório. (Eletrosul, 2006)

O reservatório que irá conservar a água de chuva é peça determinante, pois a complexidade desse componente pode determinar a viabilidade econômica da implantação desse sistema. É fundamental também efetuar o correto dimensionamento do reservatório para que atenda a demanda, visto que poderá ser exigida em curto, médio e longo prazo.

Um dos procedimentos mais utilizados para calcular o dimensionamento de um reservatório, é método da simulação, pois conforme Favretto (2016), possui uma estrutura simples, bastando utilizar as series históricas mensais ou diárias.

Mano (2004), salienta que o reservatório pode ser elevado, não necessitando de bombeamento, mas exige uma estrutura de sustentação e enterrado ou sob solo, necessitando somente um sistema de bombeamento de água. O reservatório pode ser feito in loco ou vir de fabrica pronto para ser instalado, sendo que o tipo de material escolhido deve ser de acordo com a finalidade do uso. A segurança, o preço e a durabilidade, devem ser critérios analisados para se escolher o melhor tipo de reservatório a ser implantado.

Todo o sistema de coleta e aproveitamento das águas provenientes de chuva, segundo ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), requerer um cuidado especial para que a segurança do abastecimento não possa ser prejudicada. Entre estes cuidados, destacamos:

- Não deixar os raios de luz solares penetrar no interior do reservatório, para diminuir o crescimento de microrganismos;
- Conservar o tanque sempre fechado;
- Proteger as saídas do tanque, evitando assim a invasão de insetos ou animais;
- Limpar o reservatório a cada 12 meses;
- Certificar e garantir o uso para fins não nobres da água de chuva coletada pelo sistema;
- Conectar o sistema de água não potável ao de água potável, tomando os devidos cuidados para não haver contaminação, para os períodos em que o índice de precipitação fica diminuído;
- Diferenciar as cores do sistema de utilização da água de chuva do sistema convencional.
- O aviso “Água não potável”; deverá estar descrito logo acima de todas as torneiras com livre acesso;
- Um devido monitoramento deve ser feito para evitar que a água distribuída desatenda aos critérios mínimos de segurança.

**d. Distribuição**

Por último, acontece a distribuição do recurso hídrico captado, feito por bomba de recalque ou pressurizador. Em casos que se optem pelo pressurizador, esse deve ser instalado em um nível inferior ao da água que se encontra dentro do reservatório, levando então aos pontos de consumo. A bomba de recalque, sistema mais utilizado, eleva a água do reservatório para uma caixa de distribuição, sendo assim distribuída para a residência por canalização própria. Em períodos de estiagem, poderá faltar água pluvial para abastecer o sistema, então utiliza-se uma válvula chamada solenoide, que conecta o sistema de água da chuva ao abastecido com água potável.

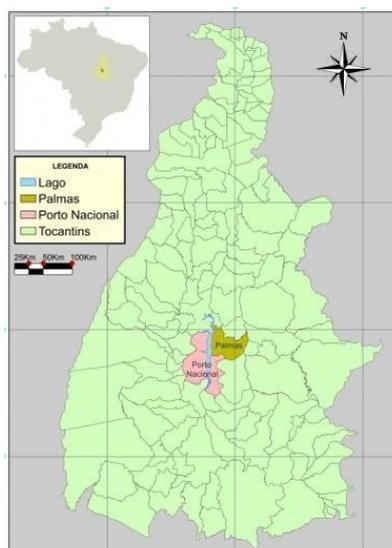
### 3 METODOLOGIA

O trabalho terá como referência um estudo de caso, onde será analisado alguns fatores e verificar a possibilidade da inserção de um sistema de aproveitamento da água pluvial. Por essa razão, analisaremos os aspectos pluviométricos da cidade e o histórico de consumo de água na escola. Será feito também, o dimensionamento do conjunto conforme os dados obtidos. Analisando assim, a viabilidade da implantação desse sistema.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A cidade de Palmas, capital do Tocantins, foi planejada e apresenta em suas avenidas uma arquitetura arrojada. Como observado pela figura 8, o município faz fronteiras com algumas cidades como, Lajeado, Porto Nacional, Miracema do Tocantins e Paraiso do Tocantins.

Figura 8 - Posicionamento Geográfico do Município de Palmas



Fonte: Pinto, 2014

Conforme os dados do IBGE, (2018) a capital tocaninense dispõe de uma população prevista de 291.855 habitantes, e apresenta uma das taxas de crescimento demográfico mais altas do país. Palmas possui um plano diretor dividido em norte e sul, abrangendo também os bairros de taquaralto e dos arenys e ainda dois distritos, Taquaruçu e Buritirana.

A Instituição de ensino escolhida como objeto de estudo desse trabalho é o Colégio Albert Einstein, localizado na Quadra 706 sul, alameda 21 lote 08, no plano diretor sul, na cidade de Palmas – TO.

Fundado em janeiro de 1997, o colégio se dedica na educação de crianças e adolescentes, com idades entre 2 e 15 anos. Segundo os dados fornecidos pelos administradores, atualmente a escola conta com 520 alunos e 76 funcionários dos setores pedagógicos e administrativos, divididos em dois turnos.

O terreno onde está localizada a escola, possui uma área total de 1.975,74 m<sup>2</sup>, sendo que toda sua extensão se encontra edificada. O colégio conta ainda com uma quadra poliesportiva, biblioteca, auditório, laboratório de informática e salas de aula.

Nas Figuras 8 e 9, pode-se averiguar imagens ilustrando a vista aérea e a fachada do Colégio Albert Einstein.

Figura 9 - Vista aérea do Colégio Albert Einstein



Fonte: Google Earth, 2017

Figura 10 - Fachada do Colégio Albert Einstein



Fonte: Google Earth, 2017

### 3.2 ETAPAS DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo será desenvolvido em três grandes etapas. A primeira se dará pelo levantamento de dados históricos, a segunda é o dimensionamento das peças que compõem o sistema de aproveitamento da água de chuva enquanto a terceira verificará a viabilidade técnica econômica na inserção desse sistema. Para isso, será necessário a análise de documentos, pesquisas e algumas visitas in loco afim de reproduzir com maior garantia a precisão dos resultados dessa investigação.

### 3.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

Para verificar a possibilidade da implantação desse sistema, faz-se necessário levantar alguns dados. O histórico de chuvas na região e os dados fornecidos pela companhia de abastecimento são os principais números que serão coletados e analisados, para que assim, se tenha um parâmetro para o dimensionamento da estrutura.

#### **3.3.1 Dados pluviométricos**

As informações sobre os índices pluviométricos aplicados neste estudo foram fornecidas pela Empresa Instituto Nacional de Meteorologia INMET. Os dados, resultaram da análise da Estação Meteorológica Palmas-A0009. Localizada região leste da cidade, na latitude 10°19' 44" Sul, longitude 48°30' 11" Oeste. A estação foi escolhida pelo fato de ser a mais próxima da área de estudo, sendo que a mesma está em funcionamento desde 17 de dezembro de 2004.

#### **3.3.2 Dados de consumo de água**

Fazem-se necessárias informações dos números que foram consumidos pela edificação. Com isso, possibilitará verificar o consumo individual de cada peça, para assim estabelecer o volume que o sistema atenderá.

O custo de água potável do colégio foi analisado através histórico de consumo mensal ligado a concessionária local (BRK Ambiental) no decorrer de 12 meses, referente ao ano de 2017.

### 3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA

### 3.4.1 Usos finais da água

Conforme Marinowski (2007), para verificar a eficiência, necessidade e dimensionamento desse sistema de aproveitamento da água de chuva, faz-se necessário estimar e avaliar o consumo da água de chuva, visto que a água coletada, será utilizada em aparelhos sanitários, torneiras do jardim para irrigação e na higienização das áreas externas e calçadas.

As visitas in loco, tornam-se necessárias para verificar quais aparelhos e acessórios são utilizados pela escola nas atividades mencionadas. Através da tabela 4 e das observações feitas, pode-se estimar as vazões de consumo de cada uma das peças.

Tabela 4 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

O consumo total utilizado, será calculado pela soma do consumo diário nos aparelhos individuais mais o consumo diário nas demais atividades que beneficiadas com o sistema conforme demonstrado pela Equação 1.

$$C_{\text{total}} = C_{\text{aparelhos}} + C_{\text{atividades}} \quad (1)$$

Sendo que:

$C_{\text{total}}$  = consumo total de água, em litros/dia

$C_{\text{aparelhos}}$  = consumo total de água dos aparelhos individuais, em litros/dia

$C_{\text{atividades}}$  = consumo total de água utilizada nas demais atividades, em litros/dia

### 3.4.2 Dimensionamento dos pontos para coleta da água de chuva

A captação da água pluvial será feita pelos telhados da empresa que compreendem a quadra poliesportiva e auditório, ambos cobertos com telha de metal e com áreas aproximadas

de 442 m<sup>2</sup> e 144 m<sup>2</sup> e bloco o 1 coberto com telha de fibrocimento e com área aproximadas de 650 m<sup>2</sup>.

Alguns critérios devem ser seguidos para instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, visando uma boa funcionalidade e sua segurança. Com isso, a NBR 10844 (ABNT, 1989) foi utilizada como parâmetro para o dimensionamento, conforme seguintes dados;

- Vazão do projeto

$$Q = \left( \frac{I \cdot A}{60} \right) \quad (2)$$

Sendo que:

Q= Vazão, em m<sup>3</sup>

I= intensidade pluviométrica, em mm/h

A= área de contribuição, em m<sup>2</sup>

- Área de contribuição

$$A = Ac1 + Ac2 + Ac3 \quad (3)$$

Sendo que:

A= área de contribuição, em m

Ac1= área de contribuição 1, em m

Ac2= área de contribuição 2, em m

Ac3= área de contribuição 3, em m

- Calhas: para o dimensionamento das calhas de seção retangular e inclinação mínima de 0,5%, a fórmula de Manning-Strickler será o parâmetro

$$Q = k \cdot \left( \frac{S}{n} \right) \cdot RH^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (4)$$

$$RH = \left( \frac{a \times b}{b + 2a} \right) \quad (5)$$

Sendo que:

Q =Vazão de projeto, em L/min

$S$  = área da seção molhada, em  $m^2$

$n$  = coeficiente de rugosidade

$R$  = raio hidráulico, em  $m$

$P$  = perímetro molhado, em  $m$

$i$  = declividade da calha, em  $m/m$

$K = 60.000$

$a$  = altura da calha

$b$  = base da calha

Tabela 5 - Coeficientes de rugosidade

Material	$n$
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

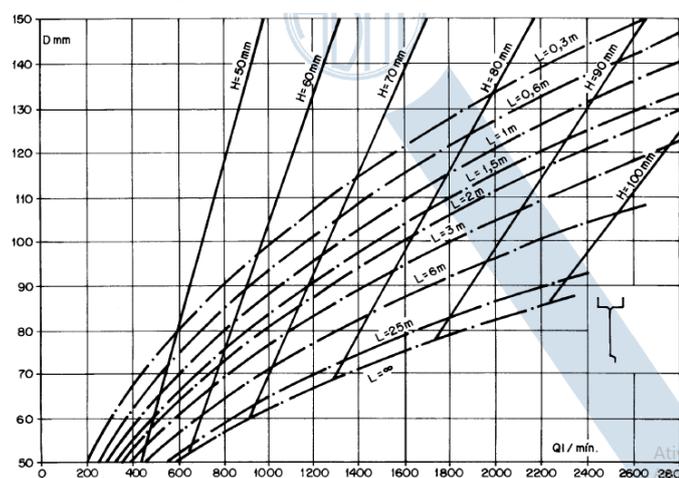
- Condutores verticais: O diâmetro interno ( $D$ ) dos condutores é obtido através do ábaco da figura 11, sendo que alguns dados devem ser analisados:

$Q$  = Vazão de projeto, em  $L/min$

$H$  = altura da lâmina de água na calha, em  $mm$

$L$  = comprimento do condutor vertical, em  $m$

Figura 11– Calha com funil de saída



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

- Condutores horizontais: devem ser projetados com declividade mínima de 0,5% e as vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na Tabela 5.

Tabela 6 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

### 3.4.3 Reservatório de armazenamento

Para se calcular as dimensões do reservatório, deve-se saber o volume de água de chuva que o sistema irá utilizar. Algumas informações também devem ser observadas como, o histórico da precipitação na região e a área de captação.

O reservatório de armazenamento será calculado de acordo com o método da simulação, conforme sugerido pela NBR 15527 (ABNT, 2007).

- Método da simulação

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

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (7)$$

Sendo que:

S(t) é o Volume de água no reservatório no tempo t, em m<sup>3</sup>

S(t-1) é o Volume de água no reservatório no tempo t - 1, em m<sup>3</sup>

Q(t) é o Volume de chuva captada no tempo t, em m<sup>3</sup>

D(t) é a Demanda ou consumo no tempo t, em m<sup>3</sup>

C é o Coeficiente de escoamento superficial, adimensional

### 3.4.4 Sistema de Bombeamento da água

A primeira parte do sistema, que consiste na coleta da água e sua condução para o reservatório através da gravidade. A segunda parte, distribuição, será feita por bombeamento hidráulico, sendo conduzido para um outro reservatório para um uso futuro.

Para a correta execução e implantação dessas peças, faz-se necessário atender as recomendações de parâmetros básicos para as tubulações de sucção e recalque para o grupo moto-bomba. Conforme Tomaz (2006), após isso, deverão ser feitos os cálculos para a escolha da bomba que atenderá ao sistema. Serão calculados a altura manométrica e a potência do sistema.

$$HT = \pm S \pm D + Hfs + Hfd + Pd - Ps \quad (9)$$

$$P = \frac{\gamma \times q \times HT}{75 \times n} \quad (10)$$

Sendo que:

S é a altura estática de sucção, em mca

D é a altura estática de recalque, em mca

Ps é a pressão manométrica no reservatório de sucção, em mca

Pd é a pressão manométrica no reservatório de recalque, mca

Hfs é a perda de carga total na linha de sucção, em mca

Hfd é a perda de carga total na linha de recalque, em mca

P é a potencia, em HP

Q é a vazão, em m<sup>3</sup>/s

HT é a altura manométrica, em mca

$\gamma$  é o peso específico da água, 1000 kgf/m<sup>3</sup>

### 3.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA

O objetivo principal da implantação desse método, é gerar uma economia no consumo de água potável. Para isso, faz-se necessário fazer um comparativo dos custos totais investidos com a economia alcançada após a implantação do sistema, para assim verificar a viabilidade técnico econômica desse sistema de utilização de água pluvial.

Conforme comentado no item 3.3.2, serão analisados os dados históricos do consumo de água potável na escola antes da instalação do sistema e também após, sendo que o consumo é registrado em metros cúbicos e os custos da fatura em reais.

O orçamento total da implantação desse sistema, também deve ser analisado. De acordo com Favretto (2016), a remuneração dos profissionais que executarão os serviços, materiais e equipamentos que serão utilizados, deverão estar detalhados, para assim obter o custo total que deverá ser investido na construção.

Outra análise que deve ser feita, é a de verificar um possível aumento no consumo de energia elétrica com o a ligação do sistema de bombeamento. O conjunto moto-bomba desse ser escolhido com a assistência dos catálogos de fabricantes, tendo como variáveis adotadas para o estabelecimento da potência: dimensão da sucção e recalque, vazão pretendida e material da tubulação.

Contudo, outros aspectos devem ser levados em conta. A conscientização dos usuários, a redução do escoamento superficial da água. Com todos esses dados analisados, deverá verificar se os custos para a implantação desse sistema são viáveis nos pontos de vistas técnicos e econômicos.

## 4 RESULTADOS

Nesse capítulo estão inseridos todos os resultados da pesquisa com intuito de verificar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins potáveis na instituição de ensino fundamental Colégio Albert Einstein, por isso, este segue a mesma sequência apresentada na metodologia, facilitando assim o entendimento dos resultados.

### 4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

#### 4.1.1 Dados pluviométricos

Para se ter um levantamento dos dados pluviométricos, a série histórica das precipitações na região foi analisada conforme dados coletados pela Estação Meteorológica Palmas-A0009 e fornecidos pelo INMET. Com os dados, elaborou-se a tabela 6, que apresenta as precipitações mensais do período de janeiro de 2005 a dezembro de 2018. Com isso, calculou-se a média mensal e anual de chuva na região.

Tabela 7 - Dados pluviométricos das chuvas médias mensais em Palmas – TO

Mês/Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Média
Jan	253,60	172,80	313,20	295,80	168,60	418,00	313,60	235,00	156,40	279,80	126,60	439,10	405,80	288,80	276,22
Fev	240,00	309,00	579,00	292,60	324,40	204,40	306,40	231,60	173,00	276,40	192,80	38,10	270,20	329,20	269,08
Mar	273,80	387,00	212,80	292,80	167,40	461,80	325,20	103,00	271,60	167,60	142,80	181,80	204,80	162,60	239,64
Abr	179,80	372,00	81,20	223,40	153,20	69,40	200,80	86,40	45,80	173,60	295,80	71,20	163,40	247,60	168,83
Mai	45,40	101,00	33,40	33,00	230,20	28,40	8,80	62,20	20,60	48,80	71,80	0,40	18,40	0,50	50,21
Jun	0,00	0,00	0,00	0,00	30,20	0,20	0,00	7,40	22,80	0,00	0,00	17,80	0,00	0,00	5,60
Jul	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
Ago	0,00	2,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	2,60	0,37
Set	79,60	193,80	54,80	19,20	79,60	17,60	0,00	0,00	10,80	73,20	75,20	88,20	0,00	38,00	52,14
Out	88,80	143,60	79,00	94,20	216,20	210,40	58,40	0,00	124,40	158,40	123,00	34,40	36,60	179,00	110,46
Nov	138,40	119,80	132,80	302,40	256,80	183,40	85,00	191,20	235,80	165,20	261,80	138,60	174,60	387,60	198,10
Dez	336,20	263,00	130,00	162,60	249,00	175,60	239,80	197,80	500,80	251,40	94,80	216,20	350,80	264,60	245,19
<b>Total (mm/ano)</b>	1635,60	2064,00	1616,20	1716,00	1876,00	1769,20	1540,00	1114,60	1562,00	1594,40	1384,80	1225,80	1624,60	1900,50	1615,98

Fonte: Elaborado pelo autor

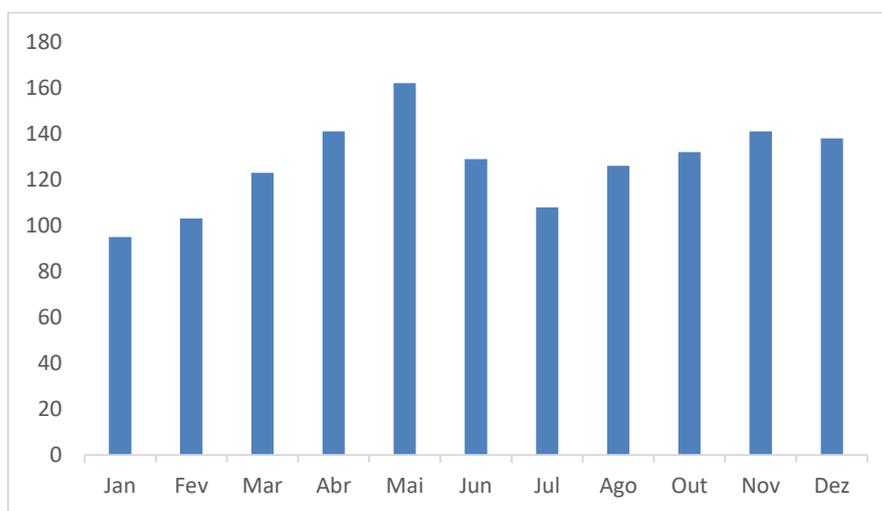
Analisando os dados, percebe-se que a precipitação anual varia entre 1.114,60 a 2.064,00 mm. O mês que apresenta o menor índice pluviométrico é o de julho com 0,14 mm de precipitação. Já o mês de janeiro apresenta 276,22 mm de precipitação, sendo assim o mês mais chuvoso. Observou-se também que a média de chuva na cidade de Palmas durante o período foi de 1615,98 mm/ano e 134,66 mm/mês.

#### 4.1.2 Dados de consumo de água

O histórico de consumo de água potável do campus foi analisado através do boleto mensal de cobrança obtido junto a concessionária local (BRK Ambiental) no decorrer de um ano, referente ao ano de 2017.

De acordo com a figura 12, atenta-se que o média de consumo do colégio durante o período corresponde foi de 130,5 m<sup>3</sup>. Os maiores gastos foram constatados nos meses de setembro e maio que corresponderam a 168,0 m<sup>3</sup> e 162,0 m<sup>3</sup>, respectivamente. Enquanto os menores consumos se deram nos meses de janeiro 95,0 m<sup>3</sup> e julho 108,0 m<sup>3</sup>, períodos de férias.

Figura 12– Consumo mensal no ano de 2017 em m<sup>3</sup>.



Fonte: Elaborado pelo autor

Durante esse período, o custo médio com água potável foi de R\$ 13,88/m<sup>3</sup>. Tomando como base o período analisado, chega-se a um consumo médio mensal de R\$ 1.617,02. Fazendo um somatório dos custos mensais, observa-se que os custos da empresa com água no ano de 2017 foi de R\$ 19.404,24.

A utilização da água potável na instituição se dá de duas formas distintas. A primeira, refere-se a fins não potáveis como limpeza de calçadas e pátios externos, descarga de vasos sanitários, irrigação de área verde, o outro diz respeito a utilização para higiene pessoal, bebedouros e na preparação de alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis.

## 4.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA

### 4.2.1 Usos finais da água

Para determinar a vazão total de demanda do projeto, verificou-se o consumo final que se dá pelo volume total de consumo dos aparelhos sanitários com o consumo de água utilizada nas demais atividades como, irrigação e higienização das áreas externas e calçadas.

Devido à falta de equipamentos apropriados para se aferir as vazões dos aparelhos, o cálculo do consumo das peças sanitárias, foi feito através da tabela de distribuição de consumo diário para escolas de educação infantil e ensino fundamental, ilustrado pela tabela 7, e as vazões dos aparelhos sanitários foram estabelecidas conforme tabela 4.

Tabela 8 - Distribuição do consumo diário – escola da tipologia EMEF.

N <sup>o</sup> amb	Ambiente	Aparelho	N <sup>o</sup> pessoas	Valores Médios		Volume médio estimado (L)	
				Usos (Un)	Vazão (L/s)		
1	Banheiro Masculino	Bacia sanitária	260	0,20	1,70	8,00	707,20
		Bacia sanitária	260	0,20	1,70	8,00	707,20
		Mictório	260	0,20	0,50	6,00	156,00
		Mictório	260	0,20	0,50	6,00	156,00
		Mictório	260	0,00	0,50	6,00	0,00
2	Banheiro Feminino	Bacia sanitária	260	0,20	1,70	8,00	707,20
		Bacia sanitária	260	0,20	1,70	8,00	707,20
		Bacia sanitária	260	0,00	1,70	8,00	0,00
		Bacia sanitária	260	0,00	1,70	8,00	0,00
3	Banheiro Funcionários	Bacia sanitária	78	0,80	1,70	8,00	848,64
		Bacia sanitária	78	0,00	1,70	8,00	0,00
4	Banheiro Unisex	Bacia sanitária	100	0,20	1,70	8,00	272,00
		Bacia sanitária	100	0,00	1,70	8,00	0,00

Fonte: Ywashima, 2005

As instalações hidros sanitárias da escola são compostas 10 bacias sanitárias, sendo 4 com válvula e o restante com caixa de descarga e 3 mictórios, como demonstrado na figura 13. Sendo assim, o consumo total que as peças sanitárias exigiriam do sistema, seria aproximadamente 4.261,44Litros/dia.

Figura 13– Instalações hidros sanitárias.



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra atividade analisada foi a do uso de torneiras externas para a irrigação de áreas verdes e limpeza dos pátios e calçadas. Segundo a informação prestada pela empresa, essa tarefa é executada 2 vezes por semana. Para tanto, utilizou-se a tabela 8 com o intuito de calcular o consumo previsto para esse fim.

Tabela 9 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte: Tomaz, 2006

A área total edificada na escola é de 1.975,74 m<sup>2</sup>, então obtém-se o valor de 1.053,73 Litros/dia de consumo de água potável para executar as atividades de irrigação e limpeza.

Com os valores do consumo dos aparelhos sanitários e os valores de consumo das demais atividades, calcula-se então o valor de consumo total estimado que ser utilizado pelo sistema. Encontrou-se então o valor de 5.315,17 Litros/ dia de água. Para definir o consumo de água durante o mês, admitiu-se uma média de 22 dias úteis, portanto, o valor de consumo diário deve ser multiplicado por 22 dias, chegando então ao volume estimado de 116,94 m<sup>3</sup>/mês de demanda da água de chuva.

#### 4.2.2 Dimensionamento dos pontos para coleta da água de chuva

Toda água pluvial que será utilizada no projeto, deve ser coletada pelos telhados da quadra poliesportiva, auditório e bloco 1, conforme ilustrado na figura 13.

Para encontrar o fator meteorológico, utilizou-se os dados extraídos do programa Pluvio 2.1, elaborado por Pruski et al. (2006). Encontrou-se então a intensidade pluviométrica de 166,62 mm/h, quando adotados os valores característicos para a coleta de água em telhados que são.: T = 5 anos; t = 5 minutos.

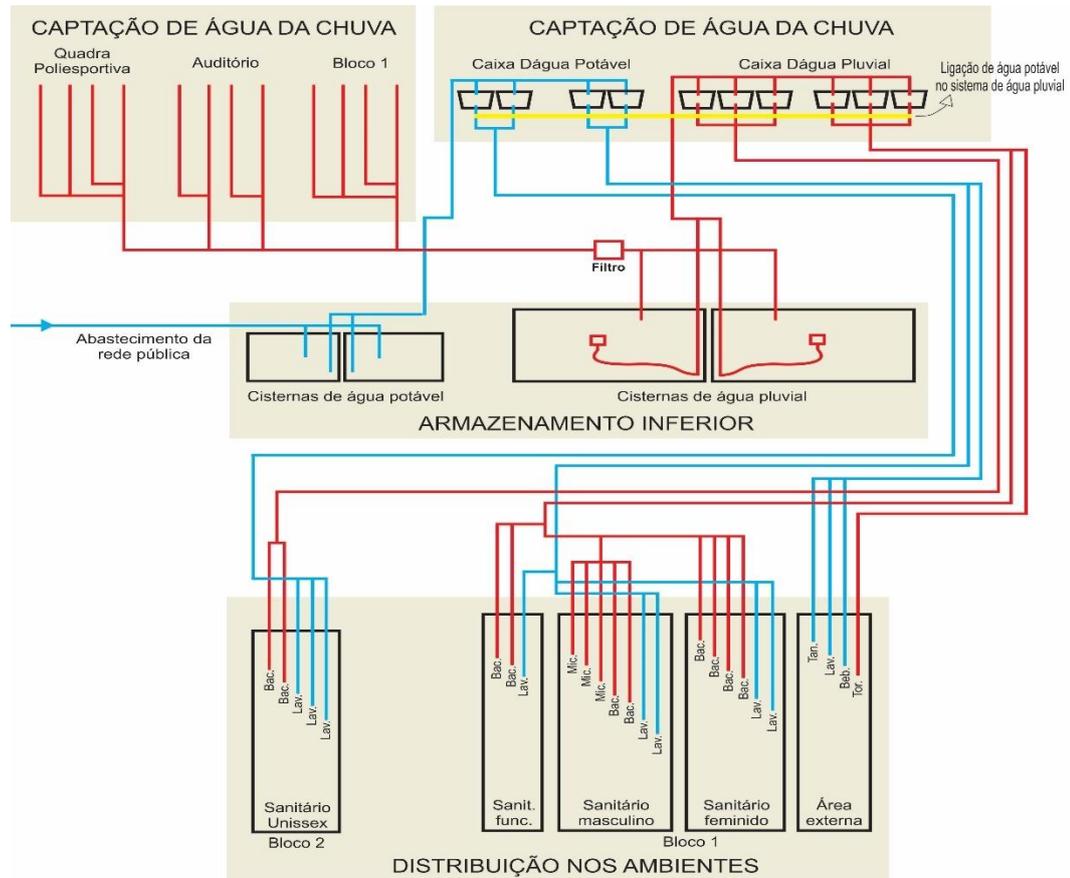
Aplicando-se a fórmula 2, encontrou-se as vazões de projeto conforme ilustrado pela tabela 9.

Tabela 10 – Vazões de projeto

LOCAL	VAZÃO DE PROJETO (L/min)
Quadra Poliesportiva	Q1= 1227,43
Auditório	Q2= 399,89
Bloco 1	Q3= 1805,05

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 – Pontos de captação e consumo de água.



Fonte: Elaborado pelo autor

Com os valores de vazão de projeto calculadas, encontrou-se as dimensões e declividades que cada calha precisa ter para atender a demanda solicitada, conforme os dados ilustrados pela tabela 10.

Tabela 11 – Vazões das calhas

LOCAL	VAZÃO DAS CALHAS (L/min)	DECLIVIDADE	DIMENSÕES (mm)
Quadra Poliesportiva	Q1= 1238,75	0,007	B= 20 H= 10
Auditório	Q2= 436,21	0,005	B= 13 H= 8
Bloco 1	Q3= 1867,91	0,011	B= 23 H= 10

Fonte: Elaborado pelo autor

Os condutores verticais foram dimensionamentos de acordo com o ábaco ilustrado pela figura 11. Portanto, admitiu-se um condutor com diâmetro comercial de 100 mm para a quadra poliesportiva, de 75 mm para o auditório e de 100 mm para o bloco 1.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, foram escolhidas declividade de 0,5% para todo o projeto, com isso, obteve-se os diâmetros de 200 mm, 150 mm e 250 mm para a quadra poliesportiva, auditório e bloco 1, respectivamente.

### 4.2.3 Reservatório de armazenamento

O dimensionamento do reservatório foi calculado pelo método da simulação, em que foi considerado os valores diários e mensais de precipitação, conforme dados apresentados na tabela 7. Na amostra com dados diários, as falhas foram completadas com a precipitação semelhante ao mesmo período do ano que apresentou os menores índices.

As simulações foram executadas considerando os seguintes volumes previamente determinados: 5, 10, 20, 40, 50, 60, 100, 200 e 300m<sup>3</sup>. Um reservatório de 300m<sup>3</sup> é praticamente inviável devido os altos custos, mas foi inserido na análise com intuito de extrapolar os valores e verificar até que ponto o aumento do volume não interfere no atendimento à demanda.

Com as análises, percebeu-se que o sistema de aproveitamento da água de chuva pode ser utilizado em sua potência máxima durante 6 meses (novembro a abril), e nesse período, um reservatório com capacidade de 50m<sup>3</sup> vai atender a demanda solicitada que é de 5,32m<sup>3</sup>/dia, utilizando um coeficiente de runoff de 0,8 e uma área de captação de 1236,00 m<sup>2</sup>, conforme apresentado pela tabela 12 e 13. Durante os outros meses do ano, o sistema deve ser desligado e o abastecimento de água de toda a edificação deve vir da rede pública.

Tabela 12 – Aplicação do método da simulação diário

Data	Chuva média diária (mm)	Volume de chuva diária (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t) (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
01-jan-2005	8,40	8,00	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00
02-jan-2005	0,00	0,00	50,00	50,00	44,68	0,00	0,00
03-jan-2005	0,00	0,00	50,00	44,68	39,36	0,00	0,00
04-jan-2005	9,20	9,00	50,00	39,36	43,04	0,00	0,00
05-jan-2005	0,00	0,00	50,00	43,04	37,72	0,00	0,00
06-jan-2005	0,00	0,00	50,00	37,72	32,40	0,00	0,00
07-jan-2005	0,00	0,00	50,00	32,40	27,08	0,00	0,00
25-dez-2018	0,40	0,00	50,00	27,08	21,76	0,00	0,00
26-dez-2018	14,60	14,00	50,00	21,76	30,44	0,00	0,00
27-dez-2018	24,80	25,00	50,00	30,44	50,00	0,12	0,00
28-dez-2018	0,20	0,00	50,00	50,00	44,68	0,00	0,00
29-dez-2018	0,20	0,00	50,00	44,68	39,36	0,00	0,00
30-dez-2018	0,00	0,00	50,00	39,36	34,04	0,00	0,00
31-dez-2018	14,80	15,00	50,00	34,04	43,72	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 13 – Aplicação do método da simulação mensal

Data	Chuva média diária (mm)	Volume de chuva diária (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t) (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
<b>Janeiro</b>	276,22	273,00	50,00	0,00	50,00	106,06	0,00
<b>Fevereiro</b>	269,08	266,00	50,00	50,00	50,00	149,06	0,00
<b>Março</b>	239,64	237,00	50,00	50,00	50,00	120,06	0,00
<b>Abril</b>	168,83	167,00	50,00	50,00	50,00	50,06	0,00
<b>Mai</b>	50,21	50,00	50,00	50,00	-16,94	0,00	16,94
<b>Junho</b>	5,60	6,00	50,00	0,00	-110,94	0,00	110,94
<b>Julho</b>	0,14	0,00	50,00	0,00	-116,94	0,00	116,94
<b>Agosto</b>	0,37	0,00	50,00	0,00	-116,94	0,00	116,94
<b>Setembro</b>	52,14	52,00	50,00	0,00	-64,94	0,00	64,94
<b>Outubro</b>	110,46	109,00	50,00	0,00	-7,94	0,00	7,94
<b>Novembro</b>	198,10	196,00	50,00	0,00	50,00	29,06	0,00
<b>Dezembro</b>	245,19	242,00	50,00	50,00	50,00	125,06	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.4 Sistema de Bombeamento da água

Foram verificados os parâmetros básicos o dimensionamento das tubulações de sucção e recalque para o grupo motor-bomba de acordo com a NBR 5626:1998. Dentre os aspectos descritos, observou-se que a norma estabelece que a vazão de projeto do sistema consiste na razão entre a capacidade do reservatório com o tempo de preenchimento, que não pode ser maior que 60 minutos. Com isso, o conjunto motor-bomba utilizará uma vazão de 1,67 L/s.

Com essa vazão, encontrou-se o diâmetro de sucção de 40mm e o de recalque de 32mm. Para encontrar o valor da altura manométrica pela qual o sistema estará sujeito, faz-se necessário conhecer as alturas geométricas de sucção e recalque, que corresponde ao desnível dos reservatórios, bem como o comprimento equivalente total, como descritos na tabela 14.

Tabela 14 – Comprimento equivalente da tubulação.

Item	Elemento (acessórios)	Quantidade (Un)	Comprimento Equivalente Unitário (m)	Comprimento Equivalente Total (m)	
1	Curva de 90°	1,00	1,20	1,20	
2	Válvula de pé	1,00	18,30	18,30	
Sucção D= 40 mm				Total	19,50
1	Curva de 90°	5,00	0,70	3,50	
2	Registro de gaveta	0,40	0,80	0,32	
Recalque D= 32 mm				Total	3,82

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando a altura geométrica de 5,5 m e utilizando a equação 9, obtém-se o valor de 17,13m para a altura manométrica. Com esses dados e aplicando a equação 10, encontrou a potência de 1,15 HP que o conjunto motor-bomba necessitaria para atender a demanda solicitada pelo sistema de aproveitamento de água da chuva. Uma verificação nos catálogos dos fabricantes do conjunto motor-bomba foi efetivada e com isso, observou-se alguns modelos que estão ilustrados na tabela 15.

Tabela 15 – Modelos de bombas de recalque indicadas

Marca	Tipo	Modelo	Potência (CV)	Tipo de motor
KSB	Centrífuga	C1500N	1,5	Elétrico
Ecs	Centrífuga	150 me	1,5	Elétrico
Schneider	Centrífuga	BC-92S	1,5	Elétrico

Fonte: Elaborado pelo autor conforme dados dos fornecedores.

#### 4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA

O estudo econômico será feito através de uma estimativa do desembolso total de implantação e manutenção e economia e poderá servir como parâmetro para novos estudos relacionados ao aproveitamento da água de chuva.

Foi elaborado o orçamento apresentado na tabela 16, com os custos dos materiais, equipamentos e mão de obra necessários para a execução de todo o projeto. Os preços médios utilizados, vieram de uma pesquisa de mercado feito na cidade local.

Conforme a figura 15, a instituição já possui instaladas em sua estrutura, todas as calhas que serão utilizadas nos pontos de coleta com dimensões suficiente para atender a demanda de projeto. Entretanto, todas as tubulações e conexão tanto do sistema de captação quanto do abastecimento, devem ser adquiridas, e foram orçadas admitindo um percentual de 15% do valor total gasto com a implantação do sistema.

Figura 15 – Pontos de coletas de água.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para atender à solicitação de projeto que é de 50.000 litros para o reservatório inferior, foram utilizadas duas caixas d'água de fibra de 20.000 litros e uma de 10.000 litros de capacidade. Já a demanda diária de água pluvial é 5.315,17 litros. Com isso, duas caixas d'água de 3.000 litros serão utilizadas para o reservatório superior.

O conjunto motor bomba escolhido para ser instalada na estrutura será o da marca Schneider, por apresentar um bom rendimento e o menor preço, quando comparada com as outras bombas. A vazão da bomba escolhida é de 6.500 litros/hora, sendo assim, deverá funcionar durante 55 minutos, tempo suficiente para abastecer os reservatórios superiores. Também se estipulou que o funcionamento do conjunto funcionará durante 22 dias em cada mês. A potência adotada para o conjunto motor-bomba é de 1,5 CV, que corresponde a 1,10 KW, sendo que o valor é multiplicado por 55 minutos e 22 dias uteis do mês, que resulta em um consumo de 22,26 kWh/mês. Segundo a Energisa (2019), o preço cobrado por KWh na cidade de Palmas – TO é de R\$ 0,60530.

Tabela 16 – Orçamento de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva.

<b>Equipamento ou serviço</b>	<b>Quant.</b>	<b>Custo un.</b>	<b>Custo Total</b>
Reservatório de 3.000 litros	2	R\$ 883,41	R\$ 1.766,82
Reservatório de 10.000 litros	1	R\$ 3.134,91	R\$ 3.134,91
Reservatório de 20.000 litros	2	R\$ 6.174,91	R\$ 12.349,82
Motor-Bomba de 1,5 CV	1	R\$ 668,60	R\$ 668,60
Filtro Clorado Para Captar Água De Chuva	3	R\$ 480,00	R\$ 1.440,00
Tubulações e conexões		15% do total	R\$ 3.901,51
Mão de obra	30	R\$ 220,00	R\$ 6.600,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 29.861,66</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os dados, constatou-se que o consumo médio mensal anteriormente a instalação do sistema era de R\$ 1.617,02, totalizando em um custo anual de R\$ 19.404,24. Após a instalação, e considerando a utilização da água pluvial durante 6 meses do ano, entre os meses de novembro a abril, o custo mensal será de R\$ 1.017,06, que no final do período de 12 meses, resultara em um custo de R\$ 12.204,68. Com isso, tem-se uma economia mensal de 599,96 e anual de cerca de R\$ 7.199,56. Além disso, o sistema de bombeamento terá um consumo de energia mensal de aproximadamente R\$ 14,00.

De acordo com todos os dados explanados, percebeu-se que a instituição de ensino só terá uma real economia com o consumo de água, depois de um período superior a 4 anos, devido ao fato de o custo de implantação ter ficado em aproximadamente R\$ 30.000, e a economia gerada pelo sistema girar em torno de R\$ 7.000.

Com a capacidade de armazenar anualmente cerca de 14.168,88 m<sup>3</sup> de água proveniente de chuvas, a implantação do sistema de coleta contribuirá positivamente com a sistema de drenagem na cidade de Palmas, pois reduzira o volume que percorrerá superficialmente e assim diminuir os constantes alagamentos na quadra em que a escola está inserida. Os alunos e colaboradores da escola, ao verem o sistema funcionando e sendo conscientizados dos benefícios que esse aproveitamento da água da chuva traz ao meio ambiente, podem se tornar melhores cidadãos e comprometidos com a redução dos impactos no meio ambiente.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 CONCLUSÕES GERAIS

No estudo elaborado, estimou-se um potencial de redução de custos com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Colégio Albert Einstein, localizado na cidade de Palmas – TO.

Para o início as análises, realizou-se uma verificação dos dados pluviométricos da cidade em questão, os consumos de água potável, e uma estimativa de consumo da água de chuva, com as informações que foram repassadas pelo INMET, BRK ambiental e pela própria instituição.

Certificou-se então que diariamente é consumido cerca de 5.315,17 Litros/dia de água para fins não potáveis, considerando o fato de o consumo em instituições de ensino terem uma grande variação pelo fato do tempo de permanência e quantidade de usuários serem variáveis e também de se ter dois períodos de férias/recessos escolares durante o ano. Outra característica observada é que o sistema só poderá ser utilizado durante os 6 meses que apresentam uma quantidade considerável de precipitação, que são os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril.

Com os dados pluviométricos e os dados da capacidade de captação nos telhados da escola, estimulou-se o volume ideal do reservatório inferior do sistema, que é de 50.000 litros, dispostos em 3 caixas d'água conectadas entre si. O reservatório superior será composto de 2 caixas d'água com capacidade de 3.000 litros cada, volume suficiente para atender a demanda diária.

Além disso, produziu-se um orçamento com o intuito de verificar o desembolso total que será utilizado para implantar esse sistema. Para isso os dados foram levantados através de uma pesquisa no mercado local e virtual. Com os dados, constatou-se que seria necessário um valor aproximado de R\$ 29.861,66 para executar o projeto. Considerando que a economia anual em consumo de água potável é de aproximadamente R\$ 7.199,56, verifica-se que seria necessário um período superior a 4 anos para recuperar o valor investido.

É importante destacar uma consequência que não há como ser mensurada que é a de crianças e adolescentes crescerem com uma conscientização de que eles podem de forma ativa contribuir para a redução dos impactos ambientais.

Portanto, com tudo que foi abordado e com os dados verificados, constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva no Colégio Albert Einstein

mostrou-se economicamente viável, pois possibilitaria uma economia de água potável, trazendo uma redução de custos médio prazo e alguns benefícios ambientais na região em que a edificação está inserida e de conscientização de todas as pessoas envolvidas.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante todo o estudo, diversas dificuldades surgiram e que impossibilitaram resultados mais precisos como: necessidade de uma estatística mais apurada, ausência de testes com equipamentos e ausência de entrevista com usuários, pois poderiam apresentar melhor a realidade da edificação. Ao final desse estudo, outros temas surgiram como interessantes para serem abordados em trabalhos futuros como:

- Verificar o potencial econômico de energia obtido através da utilização de placas solares em instituições de ensino;
- Elaborar um estudo sobre a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial em outros tipos de edificações;
- Executar um estudo para averiguar se água pluvial poderá ser utilizada para fins potáveis em instituições de ensino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUASAVE. **Aproveitamento da água de chuva.** Disponível em: <<http://www.acquasave.com.br>. Acesso em: 28 de julho de 2008.>. Acesso em: 01 out. 2018.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2017.** Brasília: ANA, 2010.<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>

ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações.** São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005. 152 p.

BERTOLO, E. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2006.

BONA, Berenice de Oliveira. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho – RS.** 2014. 34 f. Monografia (Especialização) - Curso de Eficiência Energética Aplicada Aos Processos Produtivos, Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Palmas.** Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/5069>>. Acesso em: 29 set. 2018.

COSTA, Djerson Mateus Alves da; BARROS JUNIOR, Antônio Carlos de. **Avaliação da necessidade do reuso de águas residuais.** 2005. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/74/80>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

ELETROSUL. **Uso racional da água sistema de aproveitamento Água pluvial.** Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/ampnbsp/casa-eficienteambiente-academicoestrategiasuso-racional-da-agua-sistema-de-aproveitamento-Agua-pluvial>>. Acesso em: 28 set. 2018

ENERGISA. **Tipos de tarifas.** Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

FAVRETTO, Carliana Rouse. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS.** 2016. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

KAFRUNI, Simone. **Níveis de reservatórios de água em todo o país estão piores do que em 2001.** 2015. Disponível em: <[https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2015/01/22/internas\\_economia,467566/niveis-de-reservatorios-de-agua-em-todo-o-pais-estao-piores-do-que-em-2001.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2015/01/22/internas_economia,467566/niveis-de-reservatorios-de-agua-em-todo-o-pais-estao-piores-do-que-em-2001.shtml)>. Acesso em: 08 set. 2018.

MACHADO, Flávia de Figueiredo. **Consumo consciente de água.** 2015. Disponível em: <<https://escolakids.uol.com.br/consumo-consciente-de-agua.htm>>. Acesso em: 10 set. 2018.

MANO, R. S. **Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

MARINOSKI, Ana Kelly. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS - SC.** 2007. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARTÍN, María. **Qualidade da água em São Paulo cai durante a crise hídrica.** 2015. Disponível em: <[https://brasil.elpais.com/brasil/2015/08/31/politica/1441054527\\_550589.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2015/08/31/politica/1441054527_550589.html)>. Acesso em: 08 set. 2018.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MONTIBELLER A.; SCHMIDT R. W. **Análise do Potencial de Economia de Água Tratada Através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina.** Trabalho de Conclusão de Curso.

Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

**PERHT - Plano Estadual de Recursos Hídricos do Tocantins. Governo do Estado do Tocantins. Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável.** Relatório Final, 2008. 211p.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Distribuição da água no Brasil.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em: 01 out. 2018.

PINTO, Lúcio Milhomem Cavalcante. **Luzimangues: uma “nova cidade” na periferia de palmas?** Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.164/5019>>. Acesso em: 29 set. 2018.

PRUSKI, F. F.; SILVA. D. D.; TEIXEIRA A. F.; CECILIO. R. A; SILVA, J. M. A.; GREIEBELER, N. P. **HIDROS: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas.** 1. Ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. V. 1. 259p.

**SANEAMENTOBASICO. LEI VAI OBRIGAR USO DE ÁGUA DA CHUVA EM NOVOS IMÓVEIS DE SÃO CARLOS/SP.** 2016. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/lei-vai-obrigar-uso-de-agua-da-chuva-em-novos-imoveis-de-sao-carlossp/>>. Acesso em: 29 set. 2018.

SAVEH, Sistema de Avaliação da Eficiência Hídrica. **A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO MUNDO E NO BRASIL.** 2017. Disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

SEBRAEMERCADOS. **SUSTENTABILIDADE – CAPTANDO DE ÁGUA DA CHUVA.** 2017. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/sustentabilidade-captando-de-agua-da-chuva/>>. Acesso em: 02 out. 2018.

SEMAH, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **GESTÃO HÍDRICA**. 2017. Disponível em: <<https://semarh.to.gov.br/agenda-verde/gestao-hidrica/>>. Acesso em: 26 set. 2018.

SILVA, Roberta Araújo e; SILVA JÚNIOR, José Luiz Cabral da; BATISTA, Daniel Lima. **Variabilidade da Precipitação no Município de Palmas-TO**. 2010. Disponível em: <<http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/1.html>>. Acesso em: 29 set. 2018.

SILVEIRA, Bruna Quick da. **REUSO DA ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**. 2008. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SONDA, Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais. **Estação de Palmas - Climatologia Local**. Disponível em: <[http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/palmas\\_clima.html](http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/palmas_clima.html)>. Acesso em: 03 out. 2018.

TELLES, Charles Roberto. **ORIENTAÇÕES PARA COLETA DE ÁGUA DE CHUVA**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2014.

THOMÉ, Leonardo. **Os bons exemplos do uso racional e reaproveitamento da água em Florianópolis**. 2014. Disponível em: <<https://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/os-bons-exemplos-do-uso-racional-e-reaproveitamento-da-agua-em-florianopolis>>. Acesso em: 28 set. 2018.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de chuva para Áreas Urbanas e fins não potáveis**. Navegar Editora, 180p. Guarulhos, 2010.

TRINDADE, Kayc Araujo; ALVARADO, Carlos Alfonso Alva; SANTANA, Neuma Rubia Figueiredo. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho (RS)**. Disponível em: <<https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/3768>>. Acesso em: 08 out. 2018.

TRUCOM, Conceição. **Como reduzir o consumo de Água.** 2007. Disponível em: <<https://www.somostodosum.com.br/artigos/corpo-e-mente/como-reduzir-o-consumo-de-agua-6533.html>>. Acesso em: 11 set. 2018.

WEIERBACHER, Leonardo. **ESTUDO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA BENTO MÓVEIS DE ALVORADA - RS.** 2008. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Luterana do Brasil - Ulbra, Canoas, 2008.

WILLEMANN, Alzira. USO RACIONAL DA ÁGUA NA ESCOLA. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor**, Curitiba, p.2-17, 2013.

YWASHIMA, Laís Aparecida – **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo.** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2005. 192p. Dissertação de Mestrado.