

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS  
ACADEMIA REAL MILITAR (1811)  
CURSO DE CIÊNCIAS MILITARES**

**Iago Rogério Loures de Almeida**

**UM ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO DA ÁGUA  
DA CHUVA PARA DIVERSAS APLICAÇÕES NA AMAN**

**Resende  
2020**

Iago Rogério Loures de Almeida

**UM ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO DA ÁGUA  
DA CHUVA PARA DIVERSAS APLICAÇÕES NA AMAN**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Orientadora: Ten Ana Beatriz Duarte Romão de Souza

**Resende  
2020**

Iago Rogério Loures de Almeida

**UM ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO DA ÁGUA  
DA CHUVA PARA DIVERSAS APLICAÇÕES NA AMAN**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Militares, da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN, RJ), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Ciências Militares**.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020:

Banca examinadora:

---

Ana Beatriz Duarte Romão de Souza – 1º Ten

---

Marco Aurélio Rodrigues Nunes – TC

---

Luciana Mayer – Cap

**Resende  
2020**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho, à minha família. Dedico a vocês este trabalho como forma de agradecer o suporte e a confiança que sempre me deram, pelo carinho, apoio e compreensão em todos os momentos e por terem acreditado na realização deste grande desafio e sonho em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por me dar todas as possibilidades e chances, me guiando ao longo de todo o meu caminho.

Á minha mãe, Carla, que sempre me acompanhou sendo carinhosa, atenciosa e compreensiva em todos os momentos da minha vida, me apoiando em todas as minhas decisões e fazendo o meu sonho, o sonho dela.

Ao meu pai, Rogério, que sempre me aconselhou em todas as horas, sempre torcendo por mim, fazendo o possível para que eu seguisse meus objetivos, grande exemplo de garra, perseverança e meu exemplo de militar.

A minha noiva, Gabrielly, pela grande paciência, atenciosa e companheira, sempre me apoiando durante meus estudos e ajudando nos momentos mais difíceis estando sempre ao meu lado.

Á todos os amigos que estiveram ao meu lado durante a formação na academia militar das agulhas negras, colaborando de todas as formas para que eu alcançasse meus objetivos, em especial, aos irmãos da arma de infantaria, que avançam sob o fogo e combatem olhando os olhos do inimigo, com quem tive a oportunidade ombrear em diversos momentos de alegria e dor, nos quais passei por períodos de intensa difíceis, porém que me fortaleceram e os quais eu nunca esquecerei.

A minha orientadora, Ten Ana Beatriz Duarte Romão de Souza pela oportunidade de realizar este estudo e pelo auxílio ao longo de sua realização.

## RESUMO

### UM ESTUDO DE CASO: CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA DIVERSAS APLICAÇÕES NA AMAN

Iago Rogério Loures de Almeida

Ten Ana Beatriz Duarte Romão de Souza

É crescente a preocupação ambiental, no tocante a conservação dos recursos naturais e ao desenvolvimento sustentável em nível nacional e internacional. Tem-se dado uma atenção especial à água, que é um recurso natural limitado e imprescindível à vida. A conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais usada para minimizar a crise de escassez de água. Dentre as diferentes soluções para autonomia energética e recursos capazes de ser sustentáveis, surge como alternativa o aproveitamento de água da chuva, que apresenta vantagens econômicas e ambientais bem como, pela simplicidade da sua implementação em edificações. A nível mundial este tipo de aproveitamento já vem sendo adotado, enquanto no cenário nacional ainda se encontra bastante incipiente. Este trabalho teve por objetivo mostrar que é possível a utilização da água da chuva, que em nossa região é abundante para ser usada como fonte de recursos hídricos para aplicações diversas na AMAN, para quaisquer fins não nobres. A coleta de dados e suas respectivas análises foram realizadas nas 15 alas que estão dispostas nos edifícios que compõem o CP1. Primeiramente, foram realizadas algumas visitas aos edifícios, a fim de realizar levantamento do número de vasos sanitários e mictórios existentes, logo após foram feitos levantamentos de consumo de água mensal dos respectivos dispositivos distribuídos nos edifícios, de acordo com uma frequência de uso pelos cadetes que ficam alojados nesses edifícios. A demanda de água calculada foi de 118.849,5 m<sup>3</sup>, a partir dessa demanda calculou-se o tamanho do reservatório, que foi de 1.300 m<sup>3</sup> via simulação, para a captação da água da chuva. Foi observado uma economia máxima mensal de, aproximadamente, R\$12.000, ao utilizar a água da chuva captada para o uso em dispositivos sanitários. Esses dados indicam a possibilidade de utilização de água pluvial nos edifícios. Assim, o presente trabalho mostra que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial proporcionaria, um grande potencial de economia de água potável, reduzindo os custos para a instituição.

**Palavras-chave:** Captação de água da chuva. Uso Racional da Água. Sustentabilidade. Recursos Hídricos.

## ABSTRACT

### A CASE STUDY: WATER CAPTURE OF RAIN FOR SEVERAL APPLICATIONS IN AMAN

Iago Rogério Loures de Almeida

Ten Ana Beatriz Duarte Romão de Souza

There is a growing environmental concern regarding the conservation of natural resources and sustainable development at national and international levels. Special attention has been paid to water, which is a limited natural resource and essential to life. The conservation and preservation of water resources has been increasingly used to minimize the water scarcity crisis. Among the different solutions for energy autonomy and resources capable of being sustainable, the alternative is the use of rainwater, which has economic and environmental advantages as well as the simplicity of its implementation in buildings. Worldwide, this type of use has already been adopted, while in the national scenario it is still quite incipient. This work aimed to show that it is possible to use rainwater, which in our region is abundant to be used as a source of water resources for various applications at AMAN, for any non-noble purposes. Data collection and analysis were carried out in the 15 wards that are arranged in the buildings that make up CP1. First, some visits were made to the buildings, in order to carry out a survey of the number of existing toilets and urinals, shortly afterwards, monthly water consumption surveys of the respective devices distributed in the buildings were made, according to a frequency of use by the cadets who are housed in those buildings. The calculated water demand was 118.849,5 m<sup>3</sup>, based on this demand, the reservoir size was calculated, which was 1.300 m<sup>3</sup> via simulation, to capture rainwater. Maximum monthly savings of approximately R\$ 12,000 were observed when using rainwater collected for use in sanitary devices. These data indicate the possibility of using rainwater in buildings. Thus, the present study shows that the implementation of a rainwater harvesting system would provide great potential for saving drinking water, reducing costs for the institution.

**Keywords:** Rain water harvesting. Rational Use of Water. Sustainability. Water resources.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de água por usuário. ....	31
Tabela 2 - Consumo de água por atividade. ....	31
Tabela 3 - Coeficientes de runoff médios.....	43
Tabela 4 - Equações para estimar o consumo mensal de água de chuva em uma residência. .	44
Tabela 5 - Precipitação total mensal e média diária. ....	49
Tabela 6 - Estimativa de Consumo de água das alas do CP1.....	50
Tabela 7 - Tarifas aplicadas a cada faixa de consumo de água na região de Resende. ....	52
Tabela 8 - Custos do consumo de água e do tratamento de esgoto durante um mês das alas do CP1. ....	53



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das reservas de água do planeta. ....	18
Figura 2 - Usos da água no mundo. ....	19
Figura 3 - Crescimento populacional e redução das reservas mundiais. ....	20
Figura 4 - Bacias Hidrográficas nacionais. ....	21
Figura 5 - Disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas nacionais. ....	22
Figura 6 - Mapa do Estado do Rio de Janeiro, com destaque na cidade de Resende (em vermelho). ....	33
Figura 7 - Conjunto Arquitetônico da AMAN. ....	35
Figura 8 - Vista aérea do Conjunto Arquitetônico da AMAN. ....	35
Figura 9 - Vista aérea da área de estudo. ....	36
Figura 10 - Água coletada em diferentes momentos. ....	37
Figura 11 - Exemplo de reservatório elevado. ....	39
Figura 12 - Reservatório no nível do solo. ....	39
Figura 13 - Reservatório enterrado. ....	40
Figura 14 - Filtro para retenção de sólidos. ....	41
Figura 15 - Dispositivos de descarte da primeira chuva. ....	42
Figura 16 - Superfície plana horizontal. ....	43
Figura 17 - Planta baixa de um dos edifícios do CP1. ....	47
Figura 18 - Precipitação total anual média (mm). ....	48
Figura 19 - Variáveis e seus respectivos valores, consideradas para o dimensionamento do reservatório de captação de água da chuva da área proposta da AMAN. ....	52
Figura 20 - Comparação entre o custo total com e sem captação de água pluvial. ....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Água
AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
BEC	Batalhões de Engenharia de Construção
CEB	Conselho Diretor Executivo
CP1	Conjunto Principal 1
CP2	Conjunto Principal 2
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETAs	Estações de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente – MG
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Normas Brasileiras são denominadas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PL	Projetos de Leis
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ONU	Organização das Nações Unidas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
2.1 SUSTENTABILIDADE.....	16
2.2 DISPONIBILIDADE MUNDIAL E NACIONAL DE ÁGUA .....	17
2.3 USO EFICIENTE DA ÁGUA.....	22
2.4 ÁGUA DA CHUVA E A HISTÓRIA.....	23
2.5 ÁGUA DA CHUVA COMO FONTE ALTERNATIVA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	24
2.6 ABORDAGEM GERAL: CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, PLUVIOMÉTRICOS E LEGISLAÇÃO .....	25
2.6.1 Índices pluviométricos.....	26
2.6.2 Legislação .....	26
2.7 SISTEMAS EXISTENTES DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA .....	28
2.8 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES DE ENSINO .....	30
<b>3 REFERENCIAL METODOLÓGICO</b> .....	33
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	33
3.2 MÉTODOS.....	33
3.2.1 Município de Resende .....	33
3.2.2 Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN).....	34
3.2.3 Protocolo de avaliação.....	36
3.2.3.1 Sistemas de aproveitamento de água da chuva.....	36
3.2.3.2 Calhas e condutores .....	37

3.2.3.3 Tipos de reservatórios.....	38
3.2.3.4 Sistema de filtragem .....	40
3.2.3.5 Capacidade de captação.....	42
3.2.3.6 Regime pluviométrico .....	44
3.2.3.7 Determinação da Demanda.....	44
3.2.3.8 Dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método de Rippl.....	44
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	47
4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS .....	48
4.3 DEMANDA.....	49
4.4 CÁLCULO DO VOLUME E DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA.....	50
<b>4.4.1 Método de Rippl .....</b>	<b>51</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial vem enfrentando um grave problema relacionado à escassez de água. Atualmente, cerca de 1,2 bilhões de pessoas vivem em áreas onde a água encontra-se escassa e 500 milhões de pessoas estão se aproximando dessa situação (UNDESA, 2016). As mudanças climáticas combinadas com outros fatores socioeconômicos podem reduzir a disponibilidade de água doce nas áreas urbanas (LIU et al., 2017).

O impacto das mudanças climáticas, que tem sido observado globalmente, inclui mudanças nos padrões de precipitação, que provavelmente impactarão significativamente a disponibilidade e a qualidade da água, além de aumentar a complexidade dos sistemas de abastecimento de água nas cidades (BANGASH et al., 2013). As autoridades e as concessionárias de água enfrentarão problema de garantir o fornecimento contínuo de água potável que atenda aos padrões de qualidade a população (Li et al., 2016a).

Nos últimos 60 anos se deu um rápido crescimento populacional acelerando a urbanização global. Diante a esse crescimento, se deu um consumo excessivo de água e como consequência, veio a escassez desse recurso hídrico no que tange aos desperdícios pelo mau uso, a poluição que degrada a qualidade desse recurso natural e que é extremamente essencial e necessário para a preservação da vida no planeta (AMOS et al., 2016). Assim, as cidades representam pontos de acesso que exercem enorme pressão sobre o suprimento de água doce (PADOWSKI e GORELICK, 2014).

Diante do mencionado, já se é esperado que as mudanças climáticas e as mudanças antropogênicas causem impactos drásticos na disponibilidade e qualidade da água para uso humano (BOITHIAS et al., 2014). Para o ano de 2050, estima-se um aumento de 55% na demanda mundial de água, gerando desprovisionamento e concorrência entre os usos da mesma (WWAP, 2015).

Segundo Di Matteo (2017), em relação às questões quantitativas, uma maneira promissora que possa atender à essa crescente demanda por abastecimento de água é aumentar a diversificação de fontes de água doce e buscar por técnicas que aprimorem o seu uso, através de programas de conservação, mediante incentivos no que tange a educação ambiental até a regulamentação de leis e incentivos fiscais para lidar com o problema do abastecimento de água atuando como um elemento chave da sustentabilidade urbana (LI et al., 2016b). Diante disso a captação de água da chuva surge como uma alternativa, que pode ser uma solução plausível para minimizar o consumo de água potável (HOLTZ et al., 2015). Muitos países ao redor do mundo estão apoiando a implementação dessa prática como resultado de novas possibilidades

tecnológicas para suprir a demanda de água associadas às mudanças climáticas, ambientais e sociais (KYOUNG et al., 2015).

A coleta de água da chuva é provavelmente a mais antiga prática em uso no mundo para lidar com as necessidades de abastecimento de água. A captação de água da chuva desempenhou um papel importante em civilizações antigas, especialmente em ambientes mais secos (ASKARIZADEH et al., 2015; DEITCH; DOLMAN, 2017). Segundo Ghaffarian Hoseini (2016), a implementação de sistemas de captação da água da chuva, podem trazer benefícios significativos de conservação de água e conseqüentemente aumentar a autossuficiência das cidades, além de melhorar o sistema de drenagem urbana, auxiliando no controle de alagamentos.

O uso da água deve ser feito de forma racional, visando reduzir o consumo de água potável, utilizando-a para fins distintos, enquanto a água pluvial poderá ser utilizada para a lavagem de calçadas, rega de jardim, controle de temperatura, lavanderia, lavagem de carros ou em uso para vasos sanitários, quando tratadas, pois, é uma água não nobre, que requer um simples tratamento. Deste modo, a população somente usaria a água de qualidade fornecida pelas concessionárias proveniente das Estações de Tratamento de Água (ETAs), para beber, cozinhar e tomar banho (AHMED et al., 2014).

Na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) se faz desenvolver no futuro oficial do Exército Brasileiro a mentalidade da manutenção, e essa engloba os cuidados desde seu uniforme, equipamento, armamento, viaturas, estruturas físicas, entre outros. Nos cursos oferecidos pela instituição supracitada, é muito comum a lavagem de equipamentos, armamentos e viaturas após o uso no terreno, o que acaba gerando um grande consumo de água potável, a qual poderia estar sendo utilizado para outros fins.

Numerosos estudos avaliaram o desempenho de diferentes tecnologias para a captação de águas pluviais visando aplicações para diversos fins, sob um conjunto de cenários tais como, sistemas urbanos de captação de águas pluviais, Captação de água da chuva de múltiplos propósitos para recuperação de recursos hídricos e efeito de resfriamento, avaliação técnico-econômica dos sistemas de captação de águas pluviais em edifícios comerciais, Captação de água da chuva residencial sob o ponto de vista das políticas de incentivo e consumo de água e a viabilidade econômica, impactos das mudanças climáticas nos sistemas urbanos de captação de águas pluviais, avaliação da eficiência e da viabilidade econômica dos sistemas de captação de água da chuva para atender às demandas de água não potável (CAMPISANO et al., 2017; PALLA et al., 2017; XUEER et al., 2017; DEITCHA; FEIRERB, 2017; SARDORBEK et al., 2017; YAPUR; LUIZA, 2017; ADAM et al., 2018; SHOUHONG et al., 2019).

Diante deste contexto, o presente trabalho propôs um estudo de caso no que tange a captação de águas pluviais provenientes das coberturas dos edifícios da estrutura da cidade Acadêmica, especificamente os edifícios que compõem o Conjunto Principal 1, da Academia Militar das Agulhas Negras na cidade de Resende, visando sua aplicação para fins não nobres, além de contribuir para um desenvolvimento sustentável nos aspectos sociais, econômicos, energéticos e ambientais.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho foi um estudo de captação da água da chuva como fonte de recurso hídrico para aplicações diversas na AMAN.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Estimar os usos finais da água da chuva captada na AMAN;
- Estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial;
- Avaliar o potencial de economia de água potável.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SUSTENTABILIDADE

As questões ambientais vêm sendo observadas e discutidas com maior ênfase nos últimos anos, devido às significativas variações climáticas. Sustentabilidade é a filosofia de atender às necessidades, considerando a capacidade de atender às demandas futuras. A sustentabilidade engloba desempenho ambiental, social e econômico. A gestão da água é um dos principais elementos para desenvolvimento sustentável. O seu suprimento mundial é finito e limitado. Para superar esses desafios, é necessário adotar uma abordagem sustentável para o gerenciamento da água. Isso pode ser alcançado buscando-se a sua conservação e o uso efetivo das tecnologias disponíveis (ACQUAYE et al., 2016).

A água cobre 70% da terra e representa cerca de 70% do corpo humano. Embora seja essencial para a vida, é também uma força robusta de mudança e destruição. É previsto por alguns especialistas que a principal causa das próximas guerras será a água e não óleo (petróleo) (EL-NWSANY et al., 2019), devido a sua escassez, tornando um problema de crescente importância em todo o mundo. Sabe-se que a água tornou-se um dos recursos mais discutíveis do futuro e a sua gestão pode ser feita através de vários processos, como reutilização, coleta e consumo mínimo de água, contribuindo positivamente para a sustentabilidade sem comprometer as gerações futuras (DONG; HAUSCHILD, 2017).

A aplicação de sistemas sustentáveis de água em instituições de educação, se torna uma grande oportunidade para educar a população sobre as vantagens de preservar nossos recursos naturais. Considerando que esses sistemas economizam dinheiro ao não desperdiçar água e ajudando a desenvolver atitudes ambientalmente adequadas para as próximas gerações com foco na responsabilidade social, que é um dos principais elementos do desenvolvimento sustentável. O conceito de sustentabilidade na gestão da água visa apoiar os aspectos econômicos, sociais, desenvolvimento educacional, além de proteger a Meio Ambiente. (HAASNOOT et al., 2011).

Isso pode ser alcançado através da mudança de atitude em relação ao uso da água, com o ambiente educacional oferecendo oportunidades para adotar uma abordagem da conservação da água. As instituições usam diariamente uma quantidade enorme de água para banheiros, torneiras de água, lanchonetes, laboratórios, e paisagismo. Além disso, é preciso grandes quantidades de energia para bombear e tratar essa água. A conservação da água visa reduzir o seu consumo. O benefício adicional é que, se os membros da instituição considerarem



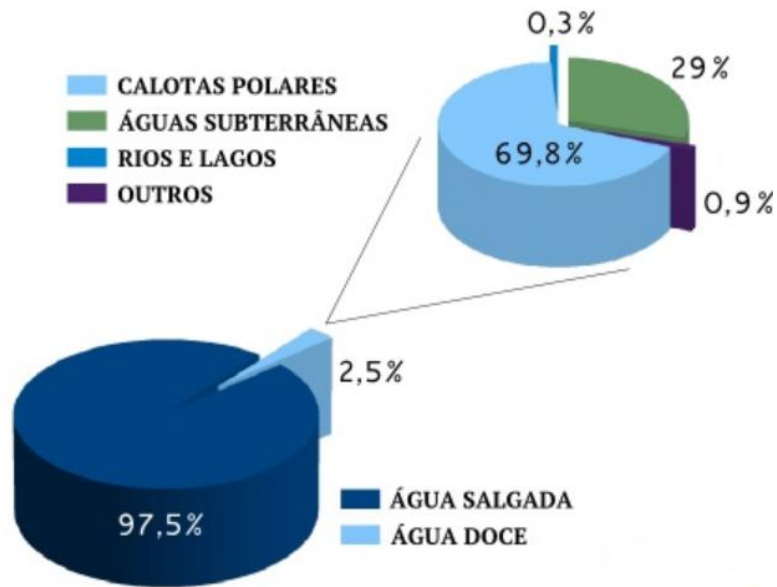
a conservação da água como uma norma, então é mais provável que haja uma mudança no como a água é usada em toda a sociedade (EPA, 2017).

Para o desenvolvimento sustentável ser eficiente, é necessário haver qualidade ambiental, desenvolvimento econômico e investimentos sociais. Além de sistêmico, o desenvolvimento sustentável deve ser participativo, ou seja, para que se possa satisfazer com responsabilidade social os objetivos e as aspirações da humanidade, é necessário uma ação ativa por parte da Sociedade Civil Organizada (Terceiro Setor) devidamente acompanhada do apoio das empresas (Segundo Setor), estando estas duas devidamente apoiadas por regras claras e políticas públicas definidas que se praticadas pelos governos, economizaria energia e diminuiria o estresse em nossos recursos naturais (MALTZAHN et al., 2020).

## 2.2 DISPONIBILIDADE MUNDIAL E NACIONAL DE ÁGUA

A água é considerada uma das necessidades básicas mais importantes para satisfazer as necessidades fundamentais de todas as pessoas em todo o mundo. A distribuição da água no mundo pode ser observada a partir da composição dessa substância. Assim sendo, esse recurso pode aparecer de forma salgada (oceanos, mares e alguns lagos) e doce, referente à água que não possui uma grande densidade de sal em sua composição. Essa última, que é a própria para consumo humano, pode apresentar-se ainda em diversas subdivisões. Na figura 1 pode-se verificar que 97,50% da água do planeta encontra-se nos oceanos. Da água doce que resta (2,5%), 29,0% é subterrânea e 69,80% está na calotas polares (geleiras), 0,9% outras e somente 0,3% da água doce do planeta está disponível nas superfícies (rios e lagos) (PENA, 2020).

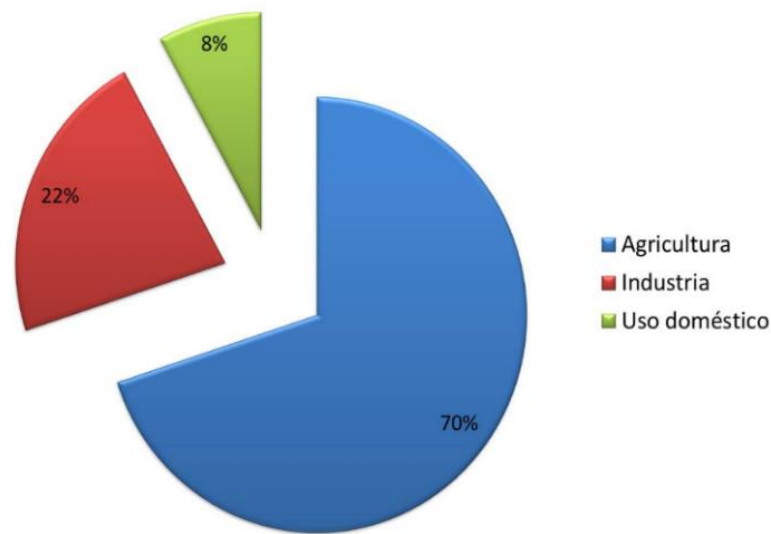
Figura 1 - Distribuição das reservas de água do planeta.



Fonte: BRASIL ESCOLA (2020).

Além de dar suporte à vida, a água é um valioso elemento promotor do desenvolvimento e do progresso, se prestando a múltiplas utilizações como: abastecimento das populações e das indústrias, irrigação de culturas, multiplicação de produtividade, meio de transporte, produção de energia, fator de alimentação com o desenvolvimento da pesca, ambiente para esporte, turismo e lazer. Dos 2,5% de água doce disponível no mundo, 70% dos casos são usados para irrigação, 22% para atividades industriais e 8% restantes para uso doméstico, respectivamente conforme figura 2.

Figura 2 - Usos da água no mundo.



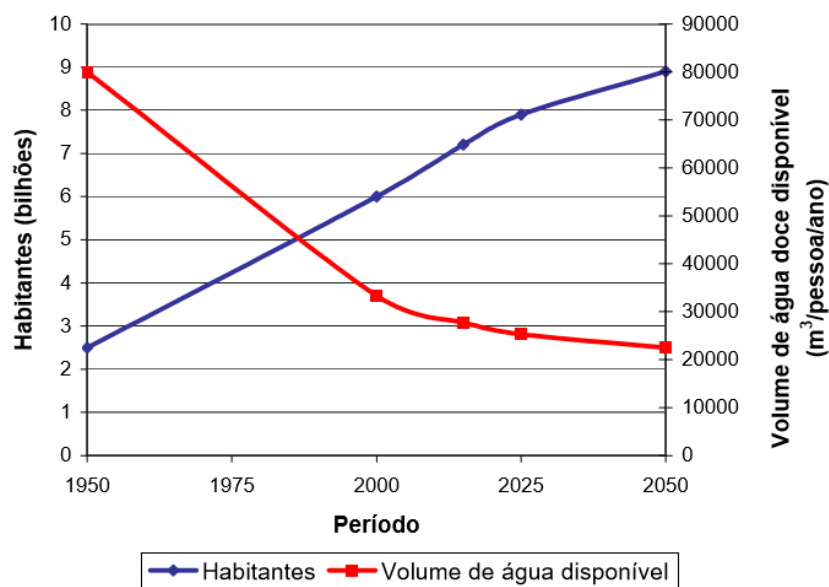
Fonte: Adaptado de Shatat, Worall e Riffat (2013).

O uso da água tem aumentado em todo o mundo a uma taxa de cerca de 1% por ano desde a década de 1980, o que se deve a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo. A demanda mundial por água deve continuar aumentando a uma taxa semelhante até 2050, o que representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível atual de uso, principalmente devido à demanda crescente nos setores industrial e doméstico (UNESCO, 2019). Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que vivenciam um alto estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano. Os níveis de estresse continuarão a aumentar, à medida que a demanda por água aumenta e os efeitos da mudança climática se intensificam (SHAH; NARAIN, 2019).

A água se tornou uma *commodity* importante para todos os países do mundo e para o caso de países em desenvolvimento; a escassez de água limita o desenvolvimento socioeconômico da nação. Segundo relatos recentes, a Índia atualmente enfrenta a crise da água extrema em sua história e encabeça a lista com o número máximo de pessoas vivendo com escassez de água por um período ou durante todo o ano, em comparação com outros países (WATERAID, 2019). Na Figura 3 é possível verificar o crescimento da população mundial e a redução das reservas de água, o gráfico apresentado mostra uma comparação entre o volume de água doce disponível em  $m^3$  e o número de habitantes durante um período de 100 anos, demonstrando que o volume disponível diminui a cada ano com aumento da população. Essa mudança vem ocorrendo na proporção inversa, ou seja, enquanto que a população tende a

aumentar em 4 vezes nesse período de 100 anos, as fontes disponíveis de água irão também reduzir em 4 vezes.

Figura 3 - Crescimento populacional e redução das reservas mundiais.



Fonte: WATERAID (2019).

Na disponibilidade nacional de água, segundo ANA (2020), o Brasil é um dos países mais abundantes em recursos hídricos superficiais do planeta, com vazões médias geradas em território brasileiro que totalizam quase 180 mil m<sup>3</sup>/s, contando com cerca de 12% do recurso hídrico mundial. Sua disponibilidade hídrica encontra-se, na maior parte, distribuída em bacias hidrográficas (também chamadas de regiões hidrográficas). Contudo, a grande variedade climática que caracteriza o Brasil reflete-se em uma distribuição territorial bastante desigual dos recursos hídricos disponíveis. A Figura 4 ilustra a disposição das bacias hidrográficas, dentro do território nacional, onde cada cor representa um tipo de bacia hidrográfica apresentada no mapa do Brasil.

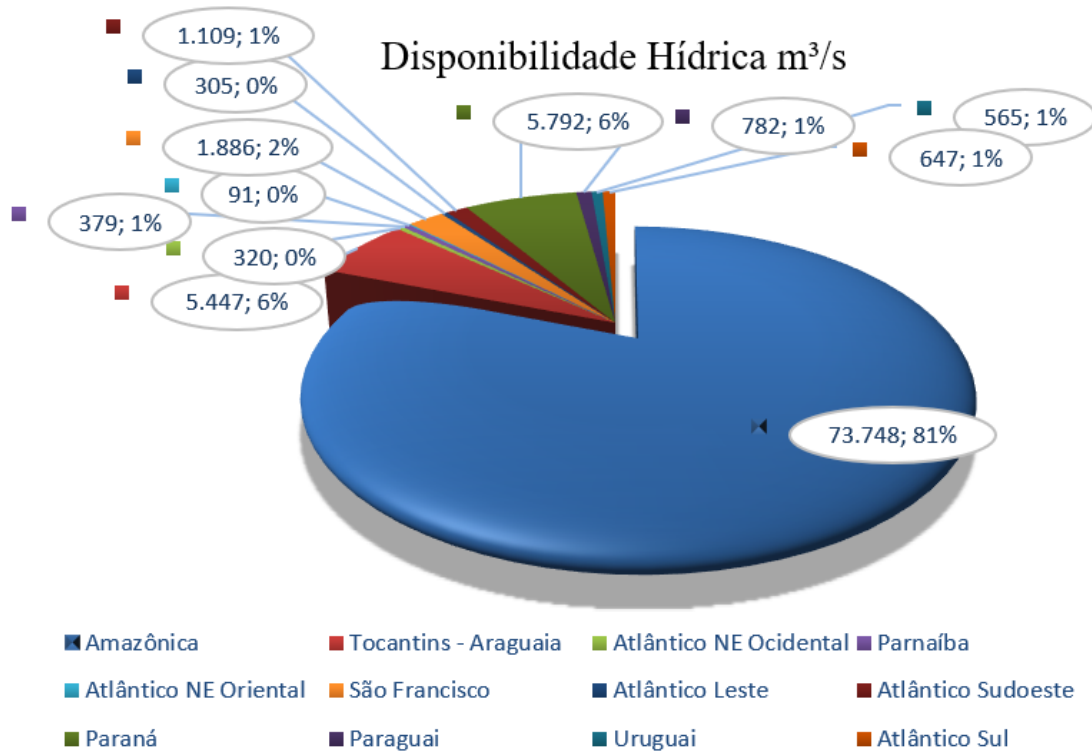
Figura 4 - Bacias Hidrográficas nacionais.



Fonte: ANA (2020).

A figura 5 apresenta a disponibilidade de água, em  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , nas 12 bacias hidrográficas nacionais e seus respectivos percentuais em relação ao todo. Pode-se perceber que região com maior escassez de água é a bacia hidrográfica Nordeste Oriental, com disponibilidade hídrica inferior a  $100\text{m}^3/\text{s}$ , enquanto a bacia hidrográfica Amazônica apresenta elevada disponibilidade hídrica, alcançando vazões da ordem de 74 mil  $\text{m}^3/\text{s}$ , concentrando 81% da disponibilidade de recursos hídricos brasileiros em 45% da extensão territorial do País. A outra metade do País é responsável por menos de 20% de todos os recursos hídricos superficiais disponíveis. As regiões do Atlântico (Leste, Nordeste Ocidental, Nordeste Oriental, sudeste e Sul), juntas, são responsáveis por apenas 3% da disponibilidade hídrica e a Região hidrográfica do Paraná, dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos superficiais disponíveis. Nessas Regiões vivem cerca de 81% da população urbana do País. O desafio do ponto de vista do abastecimento de água consiste no fato da população brasileira estar concentrada justamente nas regiões em que a oferta de água é mais desfavorável.

Figura 5 - Disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas nacionais.



Fonte: Adaptado de ANA (2020).

### 2.3 USO EFICIENTE DA ÁGUA

A água é um recurso hídrico que deve ser utilizado para benefício do Homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e a continuidade hídrica dos cursos de água. O uso eficiente da água tem menor impacto sobre o ambiente e liberta as utilizações de custos desnecessários, que poderão ser reinvestidos nos próprios sistemas.

A importância crucial da água para muitos aspectos da saúde humana, do desenvolvimento e do bem-estar levou a objetivos específicos relacionados à água no apoio a cada um dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

As Nações Unidas vêm enfrentando a crise global causada pelo aumento do consumo de recursos hídricos para atender às necessidades agrícolas e comerciais da humanidade. Em 1992, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 22 de março o Dia Mundial da Água por meio da Resolução 47/193.

As causas de abastecimento inadequado de água incluem o uso ineficiente, a degradação da água pela poluição e a super exploração das reservas de águas subterrâneas. Ações corretivas visam a alcançar uma melhor gestão dos escassos recursos de água potável, com foco particular na oferta e na demanda, quantidade e qualidade.

Para ajudar a sensibilizar o público sobre a importância do desenvolvimento inteligente dos recursos de água, a Assembleia Geral declarou 2003 o Ano Internacional da Água Potável. Também em 2003, o Conselho Diretor Executivo (CEB), órgão de coordenação do sistema inteiro das Nações Unidas, criou a “ONU Água” – um mecanismo interagências para coordenar as ações do Sistema das Nações Unidas para alcançar as metas relacionadas à água.

Para reforçar ainda mais uma ação global para atender às metas dos ODM relacionadas à água, a Assembleia Geral proclamou a Década Internacional de Ação, “Água para a Vida” (2005 – 2015). A Década começou em 22 de março de 2005, data na qual é comemorada anualmente o Dia Mundial da Água.

Anualmente, a “ONU Água” e as agências parceiras do Sistema ONU, trabalhando em parceria com governos, organizações internacionais, organizações não governamentais e outras partes e grupos de peritos interessados, publica o Relatório de Desenvolvimento Mundial da Água, desenvolvido pelas Nações Unidas para analisar os dados e tendências que afetam os recursos mundiais de água doce.

## 2.4 ÁGUA DA CHUVA E A HISTÓRIA

A água pluvial é uma forma antiga e das mais simples de abastecimento, existem relatos desse tipo de atividade a milhares de anos atrás, antes mesmo da era cristã. Relatos referentes ao armazenamento e aproveitamento da água pluvial tem sido um método exercido por diferentes civilizações ao longo do tempo em vários lugares do mundo. No Planalto de *Loess*, na China, já existiam cacimbas e tanques para armazenamento de água de chuva há dois mil anos atrás. Na Índia existem inúmeras experiências tradicionais de colheita e aproveitamento de água de chuva.

A cisterna mais antiga no mundo é provavelmente a de Istambul, na Turquia, conhecida como Yerebatan Sarayi, construída durante o Império Romano e com capacidade de 80.000 m<sup>3</sup> de água proveniente das chuvas (UNEP, 2002; WERNECK, 2006). No deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva (GNADLINGER, 2000).

Existem relatos do uso da água da chuva por vários povos, como os Incas, os Maias e os Astecas. No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva, sendo a água armazenada em cisternas com capacidade de 20 a 45 m<sup>3</sup>, chamadas de Chultuns pelos Maias (GNADLINGER, 2000).

Segundo König (1994 apud DIXON; BUTLER; FEWKES, 1999) a utilização da água da chuva além de ter uma longa história difundida mundialmente, nos dias atuais, é aplicada em muitas sociedades modernas, como uma valiosa fonte de água para irrigação, para beber e mais recentemente para suprir as demandas de vasos sanitários e de lavagem de roupas.

A coleta e o aproveitamento da água da chuva pela sociedade perderam força com a inserção de tecnologias mais modernas de abastecimento, como a construção de grandes barragens, o desenvolvimento de técnicas para o aproveitamento de águas subterrâneas, a irrigação encanada e a implementação dos sistemas de abastecimento.

Entretanto, atualmente a utilização da água da chuva voltou a ser realidade, fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades em países desenvolvidos. Vários países europeus e asiáticos utilizam amplamente a água da chuva nas residências, nas indústrias e na agricultura, pois se sabe que a mesma possui qualidade compatível com usos importantes, sendo considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água.

## 2.5 ÁGUA DA CHUVA COMO FONTE ALTERNATIVA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO

A água da chuva é uma fonte alternativa para o abastecimento público e nos dias atuais diversos países estão utilizando-a, podendo ser destacados os países desenvolvidos da Europa, principalmente, a Alemanha e outros como o Japão, a China, a Austrália e os Estados Unidos. Até mesmo os países da África e a Índia estão seriamente empenhados e comprometidos com o aproveitamento da água da chuva e com o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que facilitem e garantam o uso seguro desta fonte alternativa de água.

No Japão, a coleta da água da chuva ocorre de forma bastante intensa e difundida, em especial em Tóquio, para promover o abastecimento de água de forma convencional. Nas cidades do Japão, a água da chuva coletada, geralmente é armazenada em reservatórios que podem ser individuais ou comunitários, esses, chamados “Tensuison”, que são equipados com bombas manuais e torneiras para que a água fique disponível para qualquer pessoa. A água excedente do reservatório é direcionada para canais de infiltração, garantindo assim a recarga de aquíferos e evitando enchentes, problema também enfrentado pelas cidades japonesas, devido ao grande percentual de superfícies impermeáveis (FENDRICH; OLIYNIK, 2002).

Ainda no Japão, a coleta da água da chuva e o seu aproveitamento são praticados em estádios para a descarga de vasos sanitários e a rega de plantas. Os Estádios de Tokyo, Nagoya e Fukuoka são exemplos dessa prática, com áreas de captação de 16.000, 25.900 e 35.000 m<sup>2</sup> e



reservatórios de armazenamento de 1.000, 1.800 e 1.500 m<sup>3</sup>, respectivamente (ZAIZEN et al., 1999).

Segundo Gardner, Coombes e Marks (2004), os sistemas de aproveitamento de água de chuva na Austrália proporcionam uma economia de 45% do consumo de água nas residências, já na agricultura, a economia chega a 60%. Estudos realizados no sul da Austrália em 1996 mostraram que 82% da população rural desta região utilizam a água da chuva como fonte primária de abastecimento, contra 28% da população urbana (HEYWORTH; MAYNARD; CUNLIFFE, 1998).

Em alguns locais o governo financia parte da construção do sistema de coleta e aproveitamento da água da chuva, como forma de incentivo à população. Em Hamburgo, na Alemanha, concede-se cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem aproveitar a água da chuva; este incentivo terá como retorno para o governo o controle dos picos das enchentes durante os períodos chuvosos (TOMAZ, 2003). No Reino Unido, o uso da água da chuva também é incentivado, visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária (FEWKES, 1999).

Além das residências, outros segmentos da sociedade também começam a olhar com interesse para o aproveitamento da água da chuva. Indústrias, instituições e até mesmo estabelecimentos comerciais como, por exemplo, os lava jatos, buscam a água da chuva visando tanto o retorno da economia de água potável quanto o retorno publicitário, se intitulando como indústrias e estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003).

No Brasil, a instalação mais antiga de aproveitamento da água da chuva é na ilha de Fernando de Noronha em 1943, realizada pelos norte-americanos (MAY, 2004). Atualmente, a ilha ainda faz uso de tal aproveitamento. O sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva é considerado uma técnica popular, especialmente em regiões semiáridas brasileiras (SOARES et al., 2000). Esta região, por apresentar cerca de 80% da área geográfica do subsolo por formação cristalina, sem lençol freático, o armazenamento da água pluvial tem se apresentado a opção mais indicada para suprir o consumo humano (MAY, 2004).

## 2.6 ABORDAGEM GERAL: CONDIÇÕES CLIMÁTICAS, PLUVIOMÉTRICOS E LEGISLAÇÃO

A chuva é a precipitação da água contida numa nuvem. A nuvem se forma a partir da condensação do vapor d'água presente na atmosfera. Assim, diversos fatores climáticos podem provocar a ocorrência das chuvas ou interferir no seu processo de precipitação. Os ventos têm

importância tanto no processo de formação da chuva quanto no momento de sua precipitação. Na formação, movimentam as massas de ar como decorrência dos diferentes níveis de pressão do ar. Durante sua precipitação, impõe sobre a queda da chuva uma inclinação em relação à vertical.

A condensação do vapor d'água presente na atmosfera é resultante do seu resfriamento a ponto de saturação, podendo ocorrer devido à ação frontal de outras correntes eólicas, topografia acentuada, fenômenos de convecção térmica ou a combinação de todas essas causas (GARCEZ; ALVARES, 1988).

### **2.6.1 Índices pluviométricos**

O registro histórico das precipitações nos últimos anos é fundamental para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais. Através dele, observa-se não só a quantidade de água precipitada diariamente e/ou mensalmente, mas também os períodos de dias sem chuva. Deve-se estar atento para o fato de que a precipitação geralmente tem grande variação entre os diversos anos registrados, sendo maior ou menor dependendo da localidade estudada.

No Brasil, há duas entidades que, dependendo da existência de estações meteorológicas nas localidades desejadas, podem fornecer os índices pluviométricos para qualquer localidade do país. São o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### **2.6.2 Legislação**

A utilização de água da chuva em atividades domésticas é um assunto relativamente recente dentro do meio político. Logo, há pouca regulamentação, fazendo-se necessário observar toda a legislação existente referente à água e à sua utilização.

Pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 criou-se o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e, através dos instrumentos de gestão, especificamente no artigo 5, inciso III menciona a outorga pelo direito de uso de recursos hídricos.

Por meio da Lei Federal nº 13.501, de 30 de outubro de 2017, foi incluído um novo objetivo, qual seja o de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. Foram estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) os

instrumentos de gestão delineados especialmente para a aplicação no gerenciamento das águas, considerando a inserção da sociedade sempre de forma participativa e democrática.

Esses instrumentos de gestão da lei de recursos hídricos apresentam pontos fortes e inovadores. Conforme ressalta Kettelhut (2018), para a implementação da PNRH foram previstos seis instrumentos de gestão na “Lei das Águas”: (i) os “Planos de Recursos Hídricos”; (ii) o “enquadramento dos corpos de água em classes”, segundo os “usos preponderantes da água”; (iii) a “outorga dos direitos de uso” de recursos hídricos; (iv) a “cobrança pelo uso de recursos hídricos”; (v) o “Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos” e (vi) a “compensação a municípios” (BRASIL, 1997).

O último instrumento de gestão foi vetado pela Presidência da República á época, portanto são cinco os instrumentos que atualmente fazem parte das estruturas operacionais jurídicas presentes na Lei Federal n.º 9.433/97. Eles são essenciais para a promoção do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, representando, assim, um avanço significativo rumo à gestão sustentável dos recursos hídricos no país. Diversos autores corroboram esse ponto de vista. Dentre eles, Porto e Porto destacam que esses são instrumentos imprescindíveis para a gestão e para o gerenciamento dos recursos hídricos (2008). Leal segue nessa mesma direção, assegurando que a “adequada gestão das águas” necessita do “estabelecimento de diversos instrumentos”, cujo fim é o de “disciplinar os múltiplos usos da água”, sendo fundamental torná-los “compatíveis com os diferentes usos e ocupações do solo de uma bacia” (2000, p. 29).

De maneira geral, a água pluvial e a água de reuso não necessitam de outorga, pois a captação e armazenamento não interferem diretamente no balanço do corpo hídrico, contudo podem intervir de maneira qualitativa e quantitativa no empreendimento que for adotado.

No âmbito do desenvolvimento sustentável, a gestão e manejo dos recursos hídricos podem ser definidos como ações orientadas para administrar o uso racional e conservação da água, garantir o atendimento aos padrões de qualidade e controlar o aproveitamento sem comprometer o meio e o bem estar da sociedade. Neste sentido e como ferramenta de gerenciamento dos recursos hídricos, a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 comenta:

O gerenciamento do uso da água e a procura por novas alternativas de abastecimento como o aproveitamento das águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, o qual propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações (BRASIL, 2002).

O planejamento da sistemática de aproveitamento das águas pluviais apresenta um papel fundamental na gestão sustentável dos recursos hídricos, proporcionando uma alternativa no abastecimento público de água, economia para os usuários e conseqüentemente a conservação dos recursos naturais para fins mais nobres.

O Código das Águas, descrito pelo decreto n° 24.643 de 10 de julho de 1934, considera como sendo águas pluviais, as que resultam do fenômeno das chuvas. Ainda, relata que as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade.

A captação de água de chuva tem uma relação indireta com os objetivos dessa Política, já que estimula o uso racional e ao mesmo tempo previne contra os eventos hidrológicos críticos, tanto às secas, devido à promoção da reserva, quanto às inundações, devido à diminuição do escoamento superficial. A inclusão da captação de água de chuva no Plano indica o esforço da política de recursos hídricos na busca da transversalidade e no gerenciamento integrado das águas (SENRA; BRONZATTO; VENDRUSCOLO, 2007).

No Brasil, ainda não existem legislações que conduzam para o aproveitamento sustentável da água de chuva. Entretanto, existem vários Projetos de Leis (PL) em trâmite na Câmara dos Deputados, destacando o PL n° 7.818 de 2014, referente ao estabelecimento da Política Nacional de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais, o qual tem por objetivo a promoção e conservação do uso racional da água, qualidade ambiental, manejo adequado e incentivos econômicos para a captação, visando o fomento do uso direto e planejado das águas pluviais.

## 2.7 SISTEMAS EXISTENTES DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

O sistema de captação da água pluvial pode ser simples ou de complexas instalações podendo conter diversos tipos de dispositivos. Os sistemas simples dependem fundamentalmente de três elementos: precipitação, condutos horizontais e verticais e do reservatório de armazenamento. Já os sistemas complexos, são indicados para empreendimentos de grande porte, pois requerem assistência profissional, investimentos e reservatórios maiores ou interligados para armazenar grandes volumes de água (WATERFALL, 2002; DAO et al., 2009).

Para Mano e Schmitt (2004), a água de chuva pode ser utilizada de forma parcial ou total. O uso parcial compreende aplicações específicas no aproveitamento como, por exemplo,

utilização da água somente para a lavagem de veículos. Já o uso total abrange o fornecimento da água para o consumo humano, higiene pessoal, alimentação, entre outras aplicações.

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo é de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003; HARDIE, 2010). Esses sistemas captam a água da chuva que cai sobre superfícies, direcionando-as a reservatórios de armazenamento para posterior utilização. Qualquer que seja a técnica, os componentes principais do sistema de aproveitamento da água da chuva são: a área de captação, telas ou filtros para remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos, tubulações para a condução da água e o reservatório de armazenamento (MELVILLE-SHREEVE et al., 2016).

Herrmann e Schmida (2000) e Kim e Yoo (2009) destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva descritas a seguir: Sistema de fluxo total – Onde toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem.

1. Sistema com derivação – Neste sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem.
2. Sistema com volume adicional de retenção – No qual, constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem.
3. Sistema com infiltração no solo – Neste sistema toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo.

Para Cilento (2009), a superfície de captação e o reservatório para armazenamento da água pluvial são as estruturas principais que compõem o sistema de captação. Já para Tomaz (2003), considera que os fatores mais importantes para o bom funcionamento do sistema são: precipitação do local, área de captação e a demanda que o empreendimento necessita.

A metodologia básica para o projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva, segue os seguintes passos:

- Determinação da precipitação média local ( $\text{mm.mês}^{-1}$ );
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Para compor o sistema, podem ser inseridos dispositivos para o tratamento da água como, por exemplo, filtração e desinfecção da água. A qualidade da água coletada irá depender da finalidade do aproveitamento.

## 2.8 CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES DE ENSINO

Nas escolas e universidades, há uma tendência maior ao desperdício de água, já que os usuários não são responsáveis pelo pagamento direto do abastecimento (ABREU, 2017). Sendo assim, nas instituições de ensino é bastante favorável o estudo de práticas sustentáveis para a preservação dos recursos hídricos. Isso porque esses locais atendem grandes quantidades de pessoas, direta ou indiretamente, podendo incentivar a conscientização dos usuários para a conservação e uso racional da água (MARTINS; MARQUES, 2017; BARBOSA, 2016). Além

disso, as edificações possuem telhados e/ou coberturas com extensas áreas, o que favorece a captação da água da chuva (GOMES, 2018).

Geralmente os principais usos de água em edificações de ensino são destinados a: torneira, bebedouro, mictório, bacia sanitária, rega de jardins, refeitório e limpeza da edificação (KARLINSKI, 2015). Karlinski (2015) conduziu um estudo em uma edificação de ensino de São Luiz Gonzaga/RS onde foi quantificada a demanda de água total da instituição, considerando o número de alunos, funcionários e professores por turno, número de refeições servidas diariamente, área de jardins e áreas da edificação passível de limpeza. Os valores referentes aos levantamentos destes dados estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Consumo de água por usuário.

<b>Usuários</b>	<b>Manhã</b>	<b>Tarde</b>	<b>Noite</b>	<b>Consumo (litro/turno/Pessoa)</b>	<b>Consumo (litro/dia)</b>
Alunos	159	118	73	3,46	1213,33
Alunas	139	85	59	10,17	2879,05
Professores	4	3	3	3,94	39,4
Professoras	28	30	19	10,54	811,81
Funcionários	4	2	3	4,65	41,85
Funcionárias	14	12	2	16,86	472,08
<b>Total</b>	<b>348</b>	<b>250</b>	<b>159</b>	<b>49,62</b>	<b>5457,52</b>

Fonte: Karlinski (2015).

Tabela 2 - Consumo de água por atividade.

<b>Uso/Atividade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Consumo</b>
Refeições	220 refeições /dia	11 litros /refeição
Limpeza das salas	1738 m <sup>2</sup>	20 litros a cada 50 m <sup>2</sup>
Limpeza circulação	1000 m <sup>2</sup>	5 litros / m <sup>2</sup>
Rega de Jardins	1483,99 m <sup>2</sup>	1,5 litros / m <sup>2</sup>

Fonte: Karlinski (2015).

O consumo médio diário de água por pessoa, conhecido por "consumo per capita" de uma comunidade, é obtido dividindo-se o total de consumo de água por dia pelo número de

peças servidas. No Brasil, costuma-se adotar quotas médias "per capita" diárias de 120 a 200 litros por pessoa (SABESP, 2020).

O consumo depende do número de pessoas que utilizam a água e também do destino que terá a água da chuva coletada pelo sistema: vasos sanitários, mictórios, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos, ferramentas ou veículo, entre outros. De acordo com Koenig (1999) apud Cardoso (2013) a economia em água potável da rede, através do uso da água captada nos telhados, pode chegar a 50%, estando distribuída em 33% para as bacias sanitárias, 13% para lavagem de roupas e 4% para lavagem de piso e jardinagem.



### 3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho, no que diz respeito a sua natureza trata-se de uma pesquisa de estudo de caso. Foi realizada uma pesquisa de campo com coleta de dados para mensurar o consumo de água usado por vasos sanitários e mictórios das instalações onde ficam alojados os cadetes. Com este propósito enfatizou-se a captação de água de chuva no Brasil visando a sustentabilidade ambiental. A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2019 e primeiro semestre de 2020.

#### 3.2 MÉTODOS

##### 3.2.1 Município de Resende

O presente projeto se localiza na cidade de Resende, na região do médio Paraíba, no estado do Rio de Janeiro. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a cidade de Resende está localizada a 397 metros de altitude com as coordenadas geográficas de Latitude: 22° 27' 46" Sul, Longitude: 44° 27' 20" Oeste. Conforme figura 6,

Figura 6 - Mapa do Estado do Rio de Janeiro, com destaque na cidade de Resende (em vermelho).



Fonte: Google Maps (2020).

De acordo com os dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a população de Resende é de 131.341 habitantes. O município tem uma área de 1.095.253 km<sup>2</sup>, o bioma da região é a Mata Atlântica e o clima é tropical de altitude. Distribuída em duas estações bem definidas: uma, que vai de outubro a abril, com temperaturas mais elevadas e maiores precipitações pluviométricas, e outra de maio a setembro, mais fria e com menor presença de chuvas. Faz parte de um domínio morfoclimático de mares e morros, típico da faixa litorânea do Brasil, com relevo acidentado, ondulado e montanhoso.

### **3.2.2 Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN)**

A Academia Militar das Agulhas Negras forma os oficiais combatentes do Exército Brasileiro. Ela ocupa uma área de 67 km<sup>2</sup> estendendo-se da Rodovia Presidente Dutra até as encostas da Serra da Mantiqueira e do Maciço do Itatiaia. A Cidade Acadêmica, como também é conhecida à área em que a Academia está instalada, abriga uma população aproximada de 12.000 habitantes e dispõe de um complexo arquitetônico. Além do Teatro General Leônidas, dentro de sua área, estão o Conjunto Principal (comando, administração, salas de aula, museu, bibliotecas e refeitórios), uma ampla praça de esportes (dois estádios, parque aquático, quadras diversas, pista de treinamento utilitário, centro de excelência em reabilitação / academia de musculação, dois ginásios cobertos e centro hípico), uma das mais completas instalações de tiro do mundo, dependências próprias para a instrução militar, um auditório para 1.150 pessoas, vila residencial com 3 bairros, totalizando 580 moradias e instalações de apoio ao ensino, logísticas e administrativas, tudo sob a supervisão de uma prefeitura militar. Além de poder contar com a presença do Hospital Militar de Resende, uma organização militar que se encontra ocupando uma área da AMAN. Uma vista dos conjuntos arquitetônicos da AMAN pode ser observada na figura 7 e na figura 8 pode-se observar a vista aérea da localidade.

Figura 7 - Conjunto Arquitetônico da AMAN.



Fonte: Airton Soares (2019)

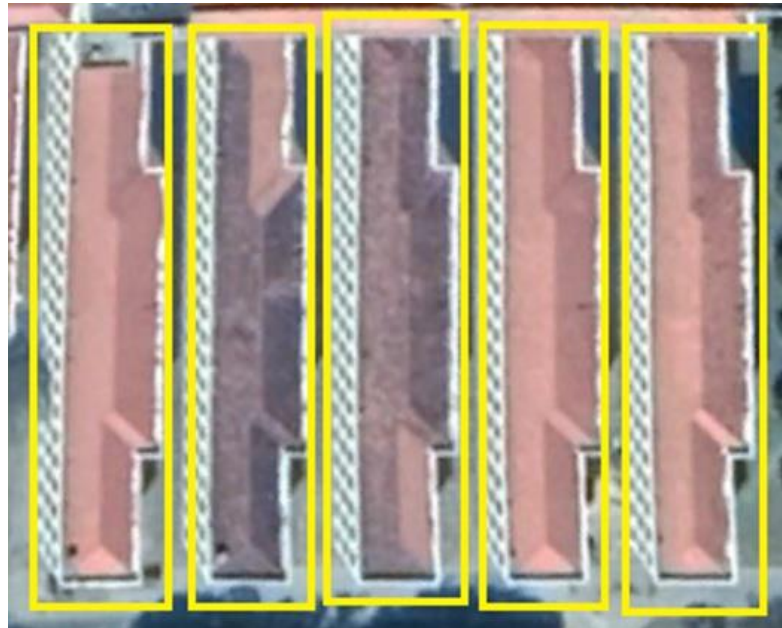
Figura 8 - Vista aérea do Conjunto Arquitetônico da AMAN.



Fonte: Google Earth Pro (2020).

As áreas demarcadas de amarelo na figura 9 representam as áreas das edificações onde foi feito o estudo de caso. O entorno desse local é um ambiente aberto, livre de interferências imediatas de edificações, sendo possível a captação de grandes quantidades de chuva.

Figura 9 - Vista aérea da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2020)

### 3.2.3 Protocolo de avaliação

Para estabelecer um protocolo de avaliação da captação da água da chuva foi proposta uma alternativa de captação e uso de água com os dados coletados na literatura e em campo.

#### 3.2.3.1 Sistemas de aproveitamento de água da chuva

No Brasil, o aproveitamento de água da chuva é regulado pela NBR-15.527:2007, que estabelece as diretrizes e limitações para os sistemas de reuso e ainda estabelece os padrões de qualidade para a utilização da água. Essa técnica é bem utilizada em regiões semiáridas, devido a inconstância das chuvas e taxa de evaporação elevada devido ao clima, sendo a maneira mais indicada para obtenção de água para o consumo humano. Também vem ganhando maior atenção pelas grandes cidades, devido as demandas elevadas de água nesses locais, pois onde tem-se alta densidade demográfica, o risco de escassez deste recurso hídrico é maior. Esta mesma norma, mencionada acima define os sistemas de coleta de água como um conjunto de dois subsistemas: Calhas/Condutores e Reservatórios:

### 3.2.3.2 Calhas e condutores

O conjunto de calhas e condutores cumpre a função de receber a água que escoar da superfície de captação e conduzi-la até o reservatório. Neste subsistema devem ser instaladas telas e grelhas de proteção, onde ficam retidos os detritos maiores. A colocação da tela na posição horizontal pode acarretar o acúmulo de sujeira sobre a calha, o que pode causar o entupimento da mesma e afetar a eficiência do sistema de coleta de água. A instalação das telas de proteção com uma inclinação próxima à do telhado facilita para que folhas e resíduos sejam arrastados para fora do sistema de captação. Ainda existem outras formas de se colocar esta primeira retenção de folhas e detritos nas calhas de captação, como a adoção de um filtro de PVC ou aço inoxidável, em forma de funil, na entrada do tubo de queda do sistema de calhas. Também se tem a possibilidade de filtros cilíndricos, esféricos ou de nylon, porém a escolha do sistema de retirada de detritos deve levar em conta, principalmente, a facilidade de manutenção. Ainda no sistema de calhas, a NBR (2007) sugere a instalação de um sistema automático de descarte do escoamento inicial das chuvas. Isto se deve ao fato de os primeiros milímetros de chuva carregarem contaminantes atmosféricos (“chuva ácida”) e as impurezas que são “lavadas” das superfícies de captação (contendo folhas, areias, poeira, penas de pássaros, entre outros). A figura 10 mostra a diferença entre a água coletada em diferentes momentos da precipitação, sendo a água das garrafas de tonalidades mais escuras captada no início do escoamento da chuva e a água mais clara ou translúcida, captada após a ocorrência do escoamento inicial.

Figura 10 - Água coletada em diferentes momentos.



Fonte: Tomaz (2009).

### 3.2.3.3 Tipos de reservatórios

O reservatório de armazenamento de água pluvial tem a função de reter e acumular a água captada. O dimensionamento depende de três fatores principais: demanda a ser atendida, área de captação e características pluviiais do local (ANA, 2004).

Para Tomaz (2003), o armazenamento das águas pluviais coletadas pode ser feito em reservatórios que podem ser elevados, apoiados ou enterrados, e de diversos tipos de materiais como concreto armado, alvenaria de tijolos comuns ou bloco armado, fibra de vidro, plásticos, poliéster, PVC, entre outros. O dimensionamento do reservatório deve ser feito de forma cuidadosa, pois se trata da parte mais cara de um sistema de aproveitamento de água da chuva (MAY, 2004).

Outro fator que tem grande influência na definição dos custos de implantação, operação e manutenção do sistema de aproveitamento é a necessidade ou não do uso de bombeamento para distribuição da água coletada até os pontos de consumo, porém a adoção de um reservatório elevado do solo (figura 11) pode eliminar essa necessidade, pois a água pode ser transportada por gravidade, sempre que a altura do reservatório seja tal que forneça pressão suficiente para o correto funcionamento dos equipamentos por ele abastecidos. Do ponto de vista de extensão e custo das tubulações de coleta, o posicionamento do tanque em uma cota próxima à cobertura usada para captação não tem impacto significativo e nem oferece grandes empecilhos para o funcionamento do sistema (2004 apud MIGUEL, 2020).

A grande desvantagem, em termos de custos, que este tipo de reservatório apresenta, é a necessidade de uma estrutura de sustentação (MANO, 2004). Este item deve ser avaliado em cada projeto separadamente, pois pode ser possível aproveitar parte da estrutura da edificação já existente para apoiar a caixa d'água, reduzindo, assim este acréscimo de custo no sistema.

Figura 11 - Exemplo de reservatório elevado.



Fonte: H<sub>2</sub>O Solutions (2020).

Já a adoção de reservatórios no nível do solo, figura 12, requer bombas para abastecimento dos pontos de consumo, porém, tem sua construção mais simplificada, não sendo necessário nenhum equipamento. A maior dificuldade para o uso deste tipo de reservatório em áreas de alto grau de urbanização é a disponibilidade de espaço no terreno, que, na maioria das vezes, é escasso.

Figura 12 - Reservatório no nível do solo.



Fonte: Soluções Sustentáveis (2020).

Outra opção é o posicionamento vertical do armazenamento de água abaixo do nível do solo (figura13). Warwick (1999) classifica este tipo de reservatório como cisterna. Segundo o autor, uma das principais vantagens deste sistema é a possibilidade de ocupação de grande parte do solo acima do reservatório. O uso de cisternas ainda possibilita a adoção de paredes mais finas para o reservatório, pois o próprio solo cumpre função estrutural. Além disso, o reservatório enterrado também necessita menos manutenção, devido ao fato de sofrer pouca ou nenhuma interferência de agentes externos.

Figura 13 - Reservatório enterrado.



Fonte: Casa & Construção (2020).

#### 3.2.3.4 Sistema de filtragem

A fim de obter-se um sistema mais eficaz, é importante a presença de dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros, tais como: folhas secas de árvores, gravetos, pequenos insetos, geralmente mortos e secos, penas de pássaros e outros (FEAM, 2015). A Figura 14 apresenta um exemplo deste sistema, onde a água da chuva entra pelas tubulações laterais superiores e os resíduos são retidos nas ripas. A água limpa sai pela tubulação inferior traseira enquanto as folhas e galhos saem pela outra tubulação.



Figura 14 - Filtro para retenção de sólidos.

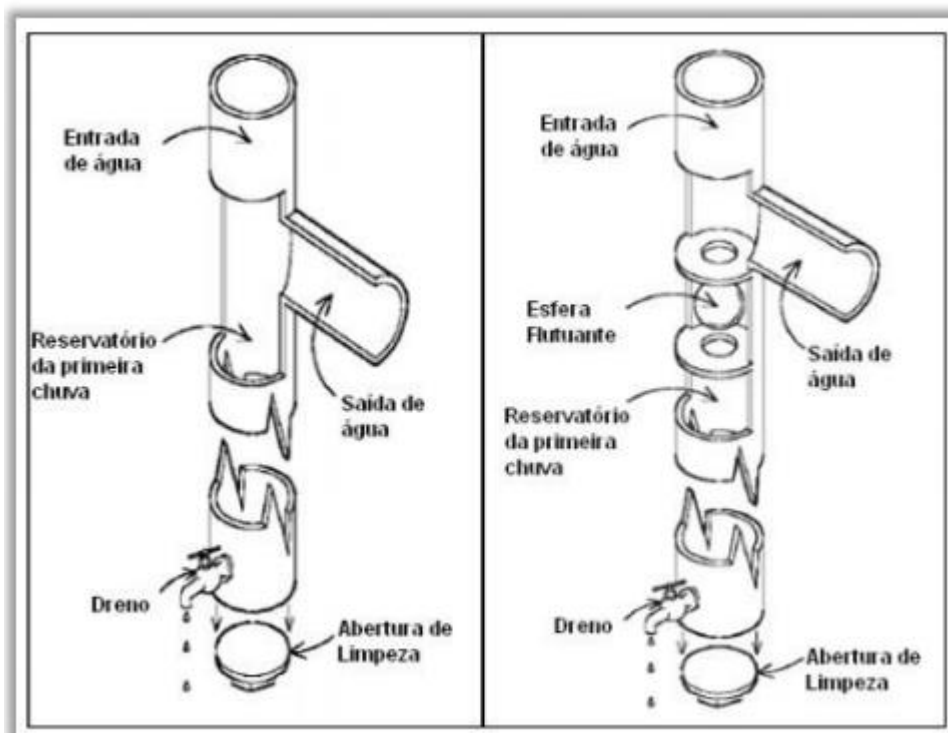


Fonte: 3P Technik (2020).

Dependendo do tipo e tamanho das árvores e dos resíduos acumulados sobre o telhado, o proprietário do sistema deve escolher o dispositivo de retenção mais adequado. Entre os materiais usados estão a tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado (TEXAS WATER DEVELOPMENT BORAD, 2005). As sujeiras mais finas que passarão pela tela, irão para um segundo momento do sistema de aproveitamento da água, chamado: separador das águas ou dispositivo de descarte da primeira chuva, conforme mostrados na figura 15.

O primeiro consiste de um tubo de PVC, que coleta a primeira parte do volume precipitado e quando o tubo está cheio, a água é desviada para o condutor principal que a leva para o reservatório de armazenamento. O segundo consiste de um tubo com uma válvula esférica flutuante em seu interior. Quando o volume correspondente ao descarte enche o tubo, a elevação do nível da água faz com que a esfera obstrua a entrada do tubo e o fluxo é conduzido para o reservatório de armazenamento.

Figura 15 - Dispositivos de descarte da primeira chuva.



Fonte: Texas Water Development Board (2005).

### 3.2.3.5 Capacidade de captação

Para o dimensionamento de sistemas de captação, é necessário entender a capacidade de coleta para cada edificação. Segundo a ABNT, o volume aproveitável (em litros) depende de quatro fatores e é calculado a partir da equação 1:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \eta \quad (1)$$

Onde **P** é a precipitação média anual, em mm, **A** é a área de coleta, em m<sup>2</sup>, **C** é o coeficiente de escoamento superficial e, por fim, **η** é a eficiência do sistema de captação.

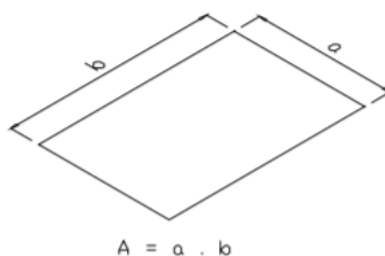
A área de captação para água da chuva fica restringida aos telhados das edificações residenciais. Para o cálculo da área de contribuição, deve ser considerado o vento na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada. Com isso deve-se considerar incrementos devidos à inclinação da cobertura e as paredes que interceptam as águas de chuva que também deva ser drenada pela cobertura. Como a superfície de contribuição dos edifícios

que compõem o CP1, são planas e horizontais, pela NBR 10844 (ABNT, 1989), deve se utilizar a equação 2.

$$A = a \cdot b \quad (2)$$

Onde **A** é a área de captação das águas da chuva, em m<sup>2</sup>; **a** é a largura, em m; e **b** é o comprimento, em m, conforme figura 16.

Figura 16 - Superfície plana horizontal.



Fonte: ABNT (1989).

Segundo Tomaz (2003), para realizar o cálculo do Coeficiente de escoamento superficial “C” (coeficiente de *runoff*), este varia conforme a composição do material do telhado de 0,80 a 0,90, sendo que quanto mais próximo de 1,00, maior é o escoamento de água. Essa perda de água que é considerada é resultante da limpeza do telhado, perda por evaporação, entre outras. A Tabela 3 expressa a variação do coeficiente de acordo com o material do telhado.

Tabela 3 - Coeficientes de *runoff* médios.

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de Runoff</b>
Telhas Cerâmica	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico PVC	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2003).

### 3.2.3.6 Regime pluviométrico

A partir de uma série histórica de dados determina-se o regime pluviométrico para a região. Dessa maneira pode-se definir os meses de maior e menor incidência de chuva e qual o valor da precipitação para esses meses, bem como a média pluviométrica dos mensais, diárias e anual.

### 3.2.3.7 Determinação da Demanda

A demanda foi determinada de acordo com os fins de utilização, a quantidade de pessoas presentes, a quantidade de vasos sanitários e mictórios e a frequência de uso desses dispositivos presentes na edificação. Em vasos sanitários com válvula de descarga, foi utilizado o valor de 10 litros/descarga de acordo com informações da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Para os mictórios a vazão admitida foi de 7 litros de água por acionamento, conforme informações dos fabricantes. Na tabela 4 está apresentado as equações para realizar o cálculo do consumo de água não potável (vasos sanitários e mictórios) que estão distribuídos nas 15 alas que compõem o CP1, para uma estimativa da demanda de água para o estudo de caso em questão.

Tabela 4 - Equações para estimar o consumo mensal de água de chuva em uma residência.

Uso	Cálculo
Bacia Sanitária	Número de Pessoas x Número de vezes/dia x Qtd. Litros x 30 dias
Rega de Jardim	Área do Jardim em $m^2$ x 0,8litros/dia/ $m^2$ x Número de Dias no Mês
Lavagem de Calçada/ Área Comum	Calçadas/Área Comum em $m^2$ x Número de x no Mês x 3 litros/ dia/ $m^2$
Lavagem de Carro	Número de Carros x 100 litros/lavagem x Número de vezes/Mês

Fonte: Roggia (2007).

### 3.2.3.8 Dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo método de Rippl

Quando se fala em dimensionamento de um reservatório para captação de águas pluviais, é geralmente realizado através da aplicação de modelos, existindo vários que podem ser utilizados para esse fim, embora a maioria deles siga a mesma sistemática. O método

determina o volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando que toda a água precipitada não seja totalmente armazenada, correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável. Quanto menor o intervalo nos dados pluviométricos, maior será a precisão no dimensionamento, sendo a utilização de dados diários suficientes. Devido à ausência de dados, utilizam-se valores mensais, também apresentando resultados satisfatórios. Também conhecido como Diagrama de Massas, é o método mais utilizado, especialmente por sua fácil aplicação (HAGEMANN, 2009; CAMPOS, 2014).

Existem duas maneiras de se verificar o volume calculado por este método: graficamente ou analiticamente, para demanda constante ou variável do reservatório. O método gráfico não é mais utilizado, sendo o método analítico o abordado neste estudo. É um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado. O método de Rippl só se aplica quando o volume total demandado num determinado período é menor ou igual ao volume captado neste período, suprindo assim 100% da demanda de água pluvial durante a estiagem. Caso contrário, os valores do volume total demandado e do volume total captado são igualados, calculando-se, portanto, um novo percentual de suprimento da demanda para o período de estiagem (ROCHA, 2016). O período de coleta dos dados da pluviometria local é de extrema importância para a precisão no dimensionamento, pois, quanto mais prolongado o período analisado, mais eficiente é o dimensionamento. O volume do reservatório é calculado pela diferença entre a demanda ou consumo e volume de chuva aproveitável, como indicado pela equação 3:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3)$$

Onde **S(t)** é o volume de água no reservatório no tempo t, em m<sup>3</sup>, **D(t)** é a demanda ou consumo no tempo t, em m<sup>3</sup>, e **Q(t)** é o volume de chuva aproveitável no tempo t, em m<sup>3</sup>.

Para a obtenção de resultado na equação 4, a demanda ou consumo no tempo t (**D(t)**) deve ser menor que o volume de chuva aproveitável no tempo t (**Q(t)**), conforme a equação 5. Já o volume de chuva aproveitável no tempo t, é calculado através da equação 6.

$$\Sigma D(t) < \Sigma Q(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \cdot P(t) \cdot AC \quad (5)$$

Onde  $Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ , em  $m^3$ ,  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial,  $P(t)$  é a precipitação da chuva no tempo  $t$ , em  $m$ , e  $AC$  é a área de Captação, em  $m^2$ .

Em seguida o volume do reservatório já pode ser calculado fazendo-se o somatório dos volumes de água no reservatório em função do tempo, considerando-se apenas os valores positivos, equação 6.

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores com } S(t) > 0 \quad (6)$$

Onde  $S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ , em  $m^3$  e  $V$  é o volume do reservatório, em  $m^3$ .

A fim de facilitar os cálculos, foi utilizada uma planilha Excel do software BIM-AltoQi para projetos de edificações prediais para obtenção dos resultados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a viabilização do projeto de captação, primeiramente, é necessário avaliar se a quantidade de água reservada atende à demanda de água para fins não potáveis.

### 4.1 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO

O cálculo da área de contribuição referente a captação da água pluvial foi realizada conforme norma ABNT (10844/80), representada pela figura 9, com base nas dimensões dos telhados da edificação do CP1, que são compreendidos por 5 prédios, sendo seus respectivos telhados constituídos de telhas de cerâmica e metal. A figura 17 representa a planta baixa de um dos 5 edifícios que compõem o CP1. Com todos os valores em mãos, o cálculo da área de captação foi feito de acordo com a equação 2. As seguintes medidas foram utilizadas:  $a = 14,50$  m e  $b = 80,5$  m. O resultado foi uma área equivalente de aproximadamente  $1167,25 \text{ m}^2$  para cada telhado da superfície dos edifícios do CP1 em estudo. A área total calculada para esse estudo de caso foi de  $5836,25 \text{ m}^2$  conforme formula da figura 16.

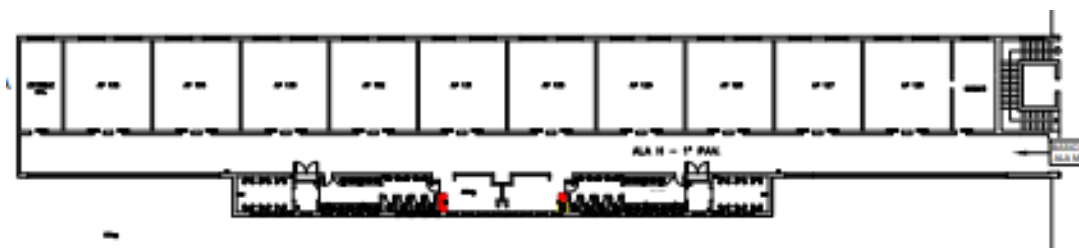
$$A = a \cdot b$$

$$A = 14,5 \text{ m} \cdot 80,5 \text{ m} = 1167,25 \text{ m}^2$$

$$A = 1167,25 \text{ m}^2 \cdot 5 \text{ (número de telhados)}$$

$$A = 5836,25 \text{ m}^2$$

Figura 17 - Planta baixa de um dos edifícios do CP1.

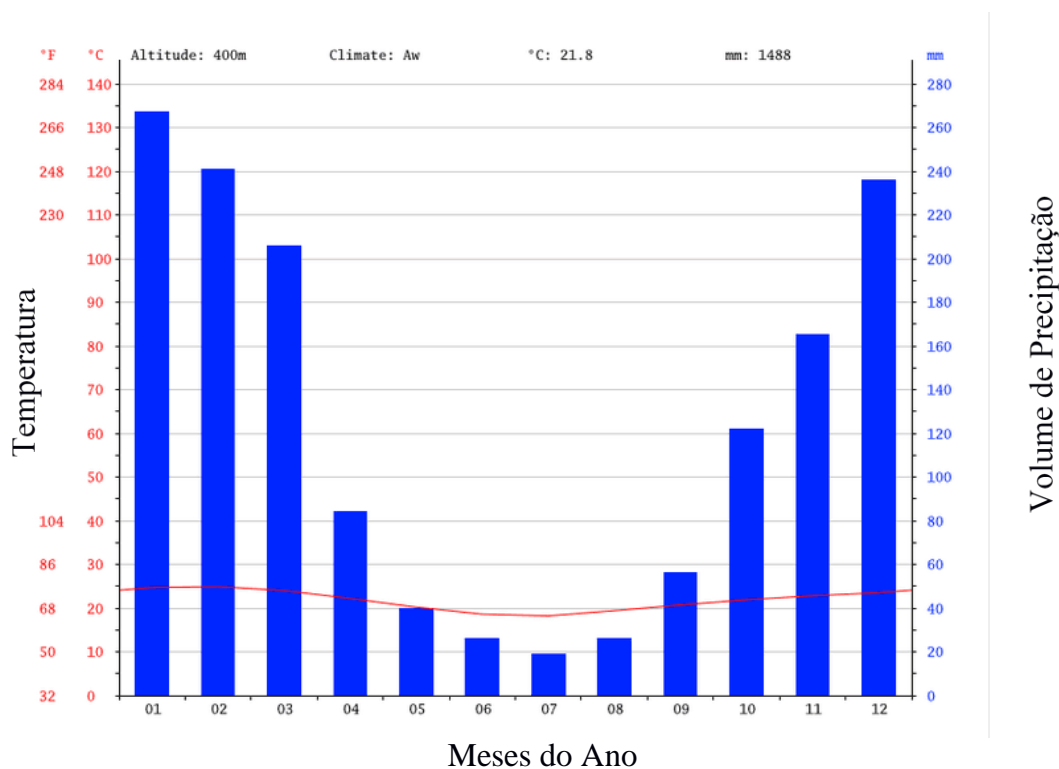


Fonte: Subprefeitura (AMAN).

## 4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados utilizados foram obtidos no Banco de Dados Pluviométricos do Estado do Rio de Janeiro e estão disponíveis no Climate-data (2020) para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro. A partir dos dados pluviométricos do município de Resende apresentados através da figura 18, onde o primeiro mês corresponde a janeiro e o último a dezembro, determinou-se a capacidade de captação da água da chuva. A fim de facilitar a visualização dos dados da figura 18, foi elaborada a tabela 5, a qual mostra a precipitação total mensal média de cada mês no ano de 2019, bem como precipitação média diária e a precipitação máxima diária.

Figura 18 - Precipitação total anual média (mm).



Fonte: Climate-data (2020).



Tabela 5 - Precipitação total mensal e média diária.

<b>Mês</b>	<b>Precipitação total mensal (mm)</b>	<b>Dias no mês</b>	<b>Precipitação média diária(mm)</b>
Janeiro	267	31	8,61
Fevereiro	241	28	8,60
Março	206	31	6,65
Abril	84	30	2,80
Maió	40	31	1,29
Junho	26	30	0,87
Julho	19	31	0,61
Agosto	26	31	0,84
Setembro	56	30	1,87
Outubro	122	31	3,94
Novembro	165	30	5,50
Dezembro	236	31	7,61
<b>Média</b>	<b>124</b>		<b>4,10</b>

Fonte: O autor (2020).

O Município de Resende tem uma precipitação média diária de 4,10 mm e uma precipitação máxima diária de 8,61 mm. A precipitação total anual média foi de 1488 mm, com o ano 2019 de janeiro sendo o mais chuvoso com 267 mm e o ano de julho sendo o menos chuvoso com 19 mm.

#### 4.3 DEMANDA

O levantamento da demanda de água foi realizado considerando-se os gastos de utilização de água com vasos sanitários e mictórios das 15 alas, que estão distribuídas nos 5 edifícios que compõem o CP1.

O cálculo foi realizado segundo uma frequência média de uso mensal de água para tais dispositivos. A partir das médias de frequência e volume de uso da água determinou-se os consumos para os dispositivos, equação 7.

A frequência de uso dos dispositivos sanitários (vasos sanitários e mictórios) pelos ocupantes nas alas, foi baseada na rotina acadêmica dos cadetes do 1º, 2º e 3º anos que estão

alojados no CP1. Eles se alternam em atividades da divisão de ensino, instruções militares e treinamento físico militar. Conseqüentemente, a permanência em suas alas ocorre por um pequeno período da manhã retornando no final da tarde. O consumo estimado de água das salas que estão dispostas nos edifícios que compõe o CP1 (15 alas) pode ser observado na tabela 6. Estes dados mostram que as 15 alas têm um consumo de aproximadamente 118.849,5 m<sup>3</sup>/mês. Na estimativa não foi levado em consideração o consumo entre cadetes do sexo masculino e feminino.

$$D_{Alas} = N_U \cdot N_D \cdot N_V \cdot V_{Litros} \cdot 30 \quad (7)$$

Onde  $D_{Alas}$  é a demanda de água mensal das 15 alas que compõe o CP1, em m<sup>3</sup>/mês,  $N_U$  é o número de usuários,  $N_D$  é o número de dispositivos,  $N_V$  é o número de vezes por dia e  $V_{Litros}$  é o volume de água usado, em litros. Dessa forma, aplicando os valores da tabela 6, para a estimativa de consumo de água para vasos sanitários e, em seguida, para mictórios.

$$1029 \cdot 112 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 30 = 69.148.800 \text{ L/mês, para os vasos sanitários}$$

$$1029 \cdot 115 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 30 = 49.700.700 \text{ L/mês, para os mictórios}$$

$$\text{Total} = 118.849.500 \text{ L/mês} = 118.849,5 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Tabela 6 - Estimativa de Consumo de água das alas do CP1.

Número de Cadetes	Dispositivo	Quantidade	Frequência Uso	Litros	Total (L/Dia)	Total (L/Mês)
1029	vasos sanitários	112	2	10	2.304.960	69.148.800
	mictórios	115	2	7	1.656.690	49.700.700
	<b>Consumo Total</b>					<b>118.849.500</b>

Fonte: O autor (2020)

#### 4.4 CÁLCULO DO VOLUME E DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA

Com o volume a ser captado pela edificação definida e o consumo de água nos vasos sanitários, mictórios, foi possível dimensionar o reservatório, onde será armazenada as águas pluviais. O dimensionamento do reservatório foi calculado por meio da análise de simulação via planilha Excel do software BIM-AltoQi para projetos de edificações prediais, a fim de facilitar os cálculos onde o valor do reservatório é estabelecido, esperando-se um melhor aproveitamento do sistema.

#### 4.4.1 Método de Rippl

Neste caso, foi usado o coeficiente de perdas ou coeficiente de *Runoff*, que varia de acordo com o tipo de telha e representa a água evaporada, absorvida ou usada para limpeza do telhado, estipulado  $C=0,8$  conforme tabela 3, o que equivale a 20% de perda (TOMAZ, 2003), sendo o volume de água coletada, descontado do volume de água pluvial captada. A eficiência ( $\eta$ ) do sistema de captação refere-se à eficiência dos equipamentos colocados antes do reservatório, isto é, filtros, equipamentos para retirada do escoamento inicial, etc. A figura 19, apresenta os dados de entrada e saída utilizados na análise pelo método.

A partir de uma demanda total mensal de  $1.426,194 \text{ m}^3$  e índice pluviométrico total anual de  $1488,0 \text{ mm}$ , foi realizada uma simulação onde, o volume anual de água captada foi de  $6.947,47 \text{ m}^3$  ao ano, sendo o volume para o mês de maior precipitação de  $1.246,62 \text{ m}^3$  e para o mês de menor precipitação de  $88,71 \text{ m}^3$ . Destaca-se ainda que, embora o mês de julho tenha sido o mês com menor volume de chuvas simulado, o período dos meses de maio até agosto são meses com baixos índices pluviométricos, o que resulta em baixos valores teóricos de chuvas para captação.

Assim, o dimensionamento do reservatório foi realizado, considerando um volume máximo de captação de  $1.246,62 \text{ m}^3$ , sendo uma cisterna de  $1.300 \text{ m}^3$  mais que suficiente para suprir a demanda das alas do CP1 em relação ao aproveitamento da água da chuva. Diante do valor obtido nessa simulação propõem-se a instalação de uma cisterna com as seguintes dimensões  $13 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ , perfazendo um volume total de  $1.300 \text{ m}^3$ .

Figura 19 - Variáveis e seus respectivos valores, consideradas para o dimensionamento do reservatório de captação de água da chuva da área proposta da AMAN.

Coefficiente de *Runoff* ( $CR$ ) = 0,8

Mês	Precipitação média mensal das chuvas (mm)	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de chuvas mensal (m <sup>3</sup> )	Diferença entre o volume de demanda e o volume de (m <sup>3</sup> )	Diferença acumulada entre o volume de demanda e o (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro	267	118.849,5	5.836,25	1.246,62	117.602,88	117.602,88
Fevereiro	241	118.849,5	5.836,25	1.125,23	117.724,27	235.327,15
Março	206	118.849,5	5.836,25	961,81	117.887,69	353.214,83
Abril	84	118.849,5	5.836,25	392,20	118.457,30	471.672,14
Mai	40	118.849,5	5.836,25	186,76	118.662,74	590.334,88
Junho	26	118.849,5	5.836,25	121,39	118.728,11	709.062,98
Julho	19	118.849,5	5.836,25	88,71	118.760,79	827.823,77
Agosto	26	118.849,5	5.836,25	121,39	118.728,11	946.551,88
Setembro	56	118.849,5	5.836,25	261,46	118.588,04	1.065.139,92
Outubro	122	118.849,5	5.836,25	569,62	118.279,88	1.183.419,80
Novembro	165	118.849,5	5.836,25	770,39	118.079,12	1.301.498,91
Dezembro	236	118.849,5	5.836,25	1.101,88	117.747,62	1.419.246,53
<b>Total</b>	<b>1488</b>	<b>1.426.194</b>		<b>6.947,47</b>		<b>9.220.895,66</b>

Fonte: O autor (2020).

Para o cálculo da cobrança de tarifa para o fornecimento de água tratada, foi utilizada a tabela 7, onde são definidas as diferentes cobranças de tarifas de água e esgoto, em função das classes de consumo, em m<sup>3</sup>/mês, pois, o serviço que a companhia despense para coletar a água, tratar, distribuir e dar manutenção é cobrado justamente através de tarifas. Verifica-se que a AMAN, enquadra-se na faixa de consumo acima de 45 m<sup>3</sup> por mês, desta forma, os valores da a tarifa praticada, tanto para água, quanto para esgoto, serão ambos R\$ 9,413.

Tabela 7 - Tarifas aplicadas a cada faixa de consumo de água na região de Resende.

Classe de consumo (m <sup>3</sup> / mês)	Tarifas de Água (R\$)	Tarifas de Esgoto (R\$)
<b>Público</b>		
De 1 a 10	2,4013	2,4013
De 11 a 15	2,6413	2,6413
De 16 a 20	3,0495	3,0495
De 21 a 30	5,8831	5,8831
De 31 a 45	7,9001	7,9001
Acima > 45	9,4130	9,4130

Fonte: Águas das Agulhas Negras (Grupo Águas do Brasil).

Para o cálculo do custo total de água consumida foi utilizada a equação 8. De modo que, a demanda total mensal das 15 alas do CP1, é multiplicada pela tarifa de água e tratamento de esgoto.

$$C_{Total} = D_{Alas} \cdot T_{Água} + D_{Alas} \cdot T_{Esgoto} \quad (8)$$

Onde  $C_{Total}$  é o custo total com água e esgoto, em R\$/mês,  $D_{Alas}$  é a demanda de água mensal das 15 alas que compõe o CP1, em m<sup>3</sup>/mês,  $T_{Água}$  é a tarifa de água, em R\$/mês, e  $T_{Esgoto}$  é a tarifa com tratamento de esgoto, em R\$/mês.

Como o consumo calculado para um mês, sua demanda mensal, das 15 alas que compõem o CP1 foi de 118.849,5 m<sup>3</sup> realizou-se a distribuição nas faixas de consumo para a verificação dos custos da água consumida pelos cadetes das alas do CP1, a fim de mostrar o quanto poderia economizar de água potável que são utilizadas nesses dispositivos mensalmente, bem como o custo do tratamento do esgoto da mesma, que pode ser observado na tabela 8.

Para o consumo de 118.849,5 m<sup>3</sup> de água mensal e seu tratamento de esgoto tem-se um custo de R\$ 1.118.730,343 respectivamente. O custo total de água seria de R\$ 2.237.460,687

Tabela 8 - Custos do consumo de água e do tratamento de esgoto durante um mês das alas do CP1.

<b>Demanda de água mensal (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Faixa</b>	<b>Tarifas de Água (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com água (R\$/mês)</b>	<b>Tarifas de Esgoto (R\$/mês)</b>	<b>Custo com Esgoto (R\$/mês)</b>	<b>Custo total (R\$/mês)</b>
118.849,5	> 45	9,4130	1.118.730,34	9,4130	1.118.730,34	2.237.460,68

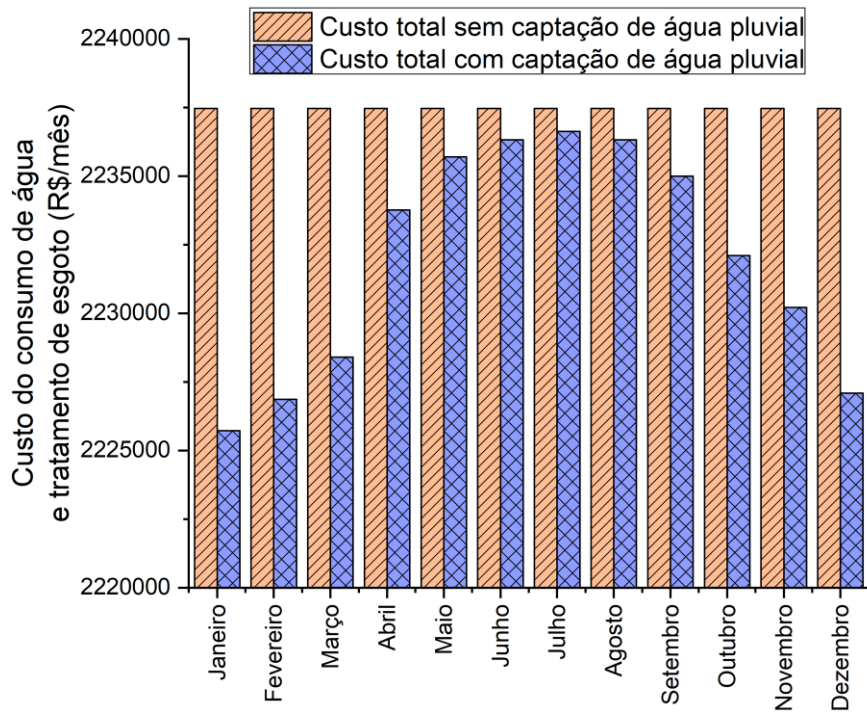
Fonte: O autor (2020).

A maior economia mensal calculada empregando o aproveitamento da água da chuva captada seria de, aproximadamente, R\$11.734,46 e ao final de um ano, estima-se uma economia de, aproximadamente, R\$65.396,55.

A figura 20 demonstra a comparação dos custos com água e esgoto estimados com e sem um sistema de captação de água da chuva durante o ano de 2019. Percebe-se que conforme chove-se mais, os custos vão sendo reduzidos, além disso, é possível argumentar que a

construção da área de captação de água da chuva é um investimento com uma larga vida útil, de forma que é um investimento que, possivelmente, paga-se no decorrer dos anos.

Figura 20 - Comparação entre o custo total com e sem captação de água pluvial.



Fonte: O autor (2020).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou analisar o uso de água pluvial em 15 alas da AMAN (Setor público) do município de Resende, utilizando dados de consumo estimados, a partir de levantamentos realizados em campo.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a captação de água pluvial proveniente das coberturas dos edifícios que compõem o CP1 poderia fomentar a redução do consumo e aproveitar os recursos naturais existentes. Além da área de captação ser propícia, a região onde a Aman – Resende localiza-se tem uma incidência pluviométrica favorável, o que torna viável, a implantação do projeto. O trabalho seria vantajoso, tanto do ponto de vista econômico quando do ponto de vista ecológico, pois haveria uma redução do consumo de água potável e também reaproveitaria a água que iria ser desperdiçada na rede de esgoto.

Desse modo a AMAN estaria economizando água, a partir de seu próprio sistema de captação de águas das chuvas. Além do investimento nesse sistema apresentar-se vantajoso, frente a outros sistemas, é um projeto de baixo custo e necessitada de poucos reparos. Os custos das instalações e manutenção do sistema podem ser reduzidos ainda mais, utilizando-se a mão de obra dos cadetes do curso de engenharia, os quais possuem matérias de construções em seu currículo e contar com o apoio dos BEC (Batalhões de Engenharia de Construção) uma vez que eles têm como propósito atuar em obras de cooperação, conveniadas com órgãos públicos .

A estimativa de consumo e custos que foram realizadas nesse trabalho, são referentes apenas a demanda de água dos vasos sanitários e mictórios, podendo estender-se a outras aplicações, para usos externos da edificação, ou seja, a rega de gramado, jardim, limpeza de calçadas, pátios e lavagem de viaturas. Visando uma maior economia de água potável na AMAN, no futuro poderá ser instalado mais sistemas de captação em outras edificações, uma vez que a água captada nos meses com maior índice pluviométrico, além de suprir a demanda de consumo pode ser armazenada para o consumo nos períodos mais secos, ou seja com menor índice pluviométrico. Se não fosse esse período de menor índice de chuvas na cidade de Resende o projeto proposto apresentar-se-ia mais vantajoso.

Neste contexto, a instalação de um sistema de captação de água da chuva na Aman é viável tecnicamente de acordo com o levantamento de dados realizado nesse trabalho, além de ser um incentivo aos órgãos públicos para a economia da água potável, unindo os benefícios ecológicos aos econômicos.

## REFERÊNCIAS

3P TECHNIK. **3P Technik**. 2020. Disponível em: <<http://www.agua-de-chuva.com/19-2-Filtros-Integrados.html>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

AASNOOT, M. et al. Method to develop sustainable water management strategies for an uncertain future. **Sustain**, [s.l.], v. 19, n. 6, p. 369–381, 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações de Águas Pluviais**: NBR 10.844. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos**: NBR 13.969. Rio de Janeiro, 1997.

ABREU, A. S.; SPINELLI, M. G. N.; ZANARDI, A. M. P. **Gestão de unidades de alimentação e nutrição: um modo de fazer**. São Paulo: Ed. Metha, 2003.

ABREU, S. C. **Estudo de Viabilidade Econômica para Aproveitamento de Águas Pluviais no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais– CEFET – CAMPUS IX**. Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, 2017.

ACQUAYE, A. et al. Measuring the environmental sustainability performance of global supplychains: a multi-regional input-output analysis for carbon, sulphur oxide and water footprints. **J. Environ. Manag.**, [s.l.], v. 187, p. 571–585, 2017.

AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J. M. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: a review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. **Water**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 149, 2016.

AN, K. J. et al. Multi-purpose rainwater harvesting for water resource recovery and the cooling effects. **Water Research**, [s.l.], v. 86, p. 116-121, 2015.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2002/AEvolucaoDaGestaoDosRecursosHidricosnoBrasil.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2019.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

ANDRADE, J. B; SARNO, P. Química ambiental em ação: Uma nova abordagem para tópicos de química relacionados com o ambiente. **Química Nova**, v. 13, n. 3, p. 213- 214, 1990.

ASKARIZADEH, A., et al. From rain tanks to catchments: use of low-impact development to address hydrologic symptoms of the urban stream syndrome. **Environ. Sci. Technol.**, [s.l.], v. 49, p. 11264–11280, 2015.



BANGASH, R. F. et al. Ecosystem services in Mediterranean river basin: climate change impact on water provisioning and erosion control. **Sci. Total Environ.**, [s.l.], v. 458, p. 246–255, 2013.

BOITHIAS, L. et al. Assessment of the water supply: demand ratios in a Mediterranean basin under different global change scenarios and mitigation alternatives. **Sci. Total Environ.**, [s.l.], v. 470, p. 567–577, 2014.

BRASIL. **Lei n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 07 out. 2018.

BRASIL. **Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017**. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o LLF aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm)> Acesso em: 14 mar. 2019.

CAMPISANO, A. et al. Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. **Water Research**, [s.l.], v. 115, p. 195-209, 2017.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. São Carlos. 2014. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

CARDOSO, C. E. N. **Aproveitamento de Água de Chuva para fins não potáveis**. 2013. 74 f. Trabalho de Graduação – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

CASA&CONSTRUÇÃO. **Casa&Construção**. 2020. Disponível em: <https://www.cec.com.br/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

CASTONGUAY, C. U. et al. Modelling urban water management transitions: A case of rainwater harvesting. **Environmental Modelling & Software**, [s.l.], v. 105, p. 270-285, 2018.

CHAVES, M. T. L. et al. Importância dos sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva no semiárido paraibano: um estudo teórico. **In: II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**. Volume 1, 2015.

CLIMATE-DATA. **Climate-data**. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

DAO, A. D. et al. Flooding mitigation plan at downtown of Hanoi by rainwater harvesting. **In: Proceedings of the 8th International Conference on Urban Drainage Modelling and 2nd International Conference on Rainwater Harvesting and Management**. The University of Tokyo, Tóquio, Japão, 2009.

DEITCH, M.; DOLMAN, B. Restoring summer base flow under a decentralized water management regime: Constraints, opportunities, and outcomes in Mediterranean-Climate California. **Water**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 29, 2017.

DEITCHA, M. J.; FEIRERB, S. T. Cumulative impacts of residential rainwater harvesting on stormwater discharge through a peri-urban drainage network. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 243, p. 127–136, 2019.

DI MATTEO, L. et al. Climate change, water supply and environmental problems of headwaters: the paradigmatic case of the Tiber, Savio and Marecchia rivers (Central Italy). **Sci. Total Environ.**, [s.l.], v. 598, p. 733–748, 2017.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. **Water Science Technology**, [s.l.], v. 39, n. 5, p. 25-32, 1999.

DONG, Y.; HAUSCHILD, M. Z. Indicators for environmental sustainability. **Procedia CIRP**, [s.l.], v. 61, p. 697–702, 2017.

EISENHARDT, K. Building theories from case study research. **Acad. Manag. Rev.**, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

EL TUGOZ, J. et al. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

EL-NWSANY, R. I.; MAAROUF, I.; EL-AAL, W. A. Water management as a vital factor for a sustainable school. **Alexandria Engineering Journal**, [s.l.], v. 58, p. 303–313, 2019.

EMBRAPA. **Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva**. 2005.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas**. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. State of the art of rainwater harvesting systems towards promoting green built environments: a review. **Desalinat. Water Treat.**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 95-104, 2016.

GNADLINGER, J. Colheita em Água da Chuva em Áreas Rurais. **Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva**. 2º Fórum Mundial da Água, Holanda, 2000. Disponível em: <<https://irpaa.org/colheita/04b.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

GOMEZ, Y. D.; TEIXEIRA, L. G. Residential rainwater harvesting: Effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility. **Resources, Conservation and Recycling**, [s.l.], v. 127, p. 56–67, 2017.

H2O SOLUTIONS. **H2O Solutions**. 2020. Disponível em: <<https://loja.h2osolutions.com.br/>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Disponível em:

<[http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Sabrina\\_Elicker\\_Hagemann\\_Disserta%C3%A3o\\_de\\_Mestrado.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Sabrina_Elicker_Hagemann_Disserta%C3%A3o_de_Mestrado.pdf)>. Acesso em: 17 mar. 2020.

HARDIE, M. Rain water storage gutters for houses. **Sustainability**, [s.l.], v.2, p. 266-279, 2010.

HERMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, [s.l.], v. 1, p. 307-316, 2000.

HEYWORTH, J. S.; MAYNARD, E. J.; CUNLIFFE, D. Who consumes what: potable water consumption in South Australia. **Water**, [s.l.], v. 1, n. 25, p. 9-13, 1998.

HOLTZ, G. et al. Prospects of modelling societal transitions: position paper of an emerging community. **Environ. Innov. Soc. Trans.**, [s.l.], v. 17, p. 41-58, 2015.

JABUR, A.S; BENETI; H.P; SILIPRANDI, E.M. Aproveitamento da Água Pluvial para Fins Não Potável. **In: VII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, Rio de Janeiro, 2011.

JING, X. et al. Assessing efficiency and economic viability of rainwater harvesting systems for meeting non-potable water demands in four climatic zones of China. **Resources, Conservation and Recycling**, [s.l.], v. 126, p.74–85, 2017.

KARLINSKI, T. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações de ensino: estudo de caso em São Luiz Gonzaga - Rio Grande do Sul**. Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, 2015.

KIM, K.; YOO, C. Hydrological modeling and evaluation of rainwater harvesting facilities: case study on several rainwater harvesting facilities in Korea. **J. Hydrol. Eng.**, [s.l.], v. 14, p. 545-561, 2009.

KOENIG, K. Rainwater harvesting: public need or private pleasure? **Water** **21**, [s.l.], p. 56-58, 2003.

KOENIG, W. D. Spatial autocorrelation of ecological phenomena. **Trends in Ecology & Evolution**, [s.l.], v. 14, p. 22-26, 1999.

LI, Y. et al. Adaptive capacity based water quality resilience transformation and policy implications in rapidly urbanizing landscapes. **Sci. Total Environ.**, [s.l.], v. 569, p. 168–178, 2016.

LI, Y.; LI, Y.; WU, W. Threshold and resilience management of coupled urbanization and water environmental system in the rapidly changing coastal region. **Environ. Pollut.**, [s.l.], v. 208, p. 87–95, 2016.

LIU, P. et al. Combined effects of climate and land management on watershed vegetation dynamics in an arid environment. **Sci. Total Environ.**, [s.l.], v. 589, p.73–88, 2017.

MARTINS, F. M.; MARQUES, R. S. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na Escola de Ensino Básico General Osvaldo Pinto da Veiga de Capivari de Baixo – SC. 77f.** Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELVILLE-SHREEVE, P.; WARD, S.; BUTLER, D. Rain water harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations. **Water**, [s.l.], v. 8, p. 129, 2016.

MUSAYEV, S.; BURGESS, E.; MELLOR, J. A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. **Resources, Conservation and Recycling**, [s.l.], v. 132, p. 62–70, 2018.

PADOWSKI, J. C.; GORELICK, S. M. Global analysis of urban surface water supply vulnerability. **Environ. Res. Lett.**, [s.l.], v. 9, n. 10, p. 104-114, 2014.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LA BARBERA, P.  
The impact of domestic rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 191, p. 297-305, 2017.

PENA, R. F. A. Distribuição da água no mundo. **Brasil Escola**, 2020. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2020.

ROCHA, V. L. **Análise comparativa entre o método de Rippl e o programa computacional Netuno para dimensionamento de reservatórios destinados ao armazenamento de águas pluviais.** Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água em Edificações, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SABESP. 2020. **Saneamento Básico do Estado de São Paulo.** Disponível em: <[www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)>. Acesso em: 21 jan. 2020.

SHATAT, M.; WORALL, M.; RIFFAT, S. Opportunities for solar water desalination world-wide: review. **Sustain. Cities Soc.**, [s.l.], v. 9, p. 67–80, 2013.

SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS. **Soluções sustentáveis.** 2020. Disponível em: <<http://solucoes sustentaveis.com.br/>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** 2ª edição. São Paulo: Navegar, p.180, 2003.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** 3ª edição – São Paulo – Dep. de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

UNDESA, 2016. International decade for action “Water for life” 2005–2015. ONU, 2014. Disponível em: < <https://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml>>. Acesso em: 19 abr. 2020.

UNESCO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E A CULTURA. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. UNESCO, 2020. Disponível em: <<http://www.unesco.org.br>>. Acesso em: 20 Abr. 2020.

VILLIERS, M. **Água: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

WATERFALL, P. H. Harvesting Rainwater for Landscape Use. **University of Arizona Cooperative**, 2002. Disponível em: < <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/> >. Acesso em: 10 fev. 2016.

WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. Dissertação (mestrado) - 84 Programa de Pós-graduação em Arquitetura - UFRJ/ FAU/ PROARQ Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2006.

WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. United Nations World Water Assessment Programme, Paris. 2015.

ZAIZEN, M. et al. The collection of rainwater from dome stadiums in Japan. **Urban Water**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 355-359, 1999.

ZHANG, S. et al. Impacts of climate change on urban rainwater harvesting systems. **Science of the Total Environment**, [s.l.], v. 665, p. 262–274, 2019.