



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**IG/IQ/IB/FACE-ECO/CDS**  
**CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

JOÃO VICTOR RODRIGUES SANTOS  
SAMUEL DE CARVALHO CAPRINI

**Aproveitamento de águas pluviais na Universidade de  
Brasília: Análise da eficiência de três sistemas de  
aproveitamento de águas pluviais no campus Darcy  
Ribeiro**

Brasília – DF

2019

JOÃO VICTOR RODIGUES SANTOS  
SAMUEL DE CARVALHO CAPRINI

**Aproveitamento de águas pluviais na Universidade de  
Brasília: Análise da eficiência de três sistemas de  
aproveitamento de águas pluviais no campus Darcy  
Ribeiro**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Universidade de Brasília  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique  
Zuchi da Conceição.

Brasília – DF  
2019

**SANTOS, João Victor Rodrigues. CAPRINI, Samuel Carvalho. Aproveitamento De Águas Pluviais Na Universidade De Brasília: análise da eficiência de três sistemas de aproveitamento de águas pluviais no campus Darcy Ribeiro.**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Universidade de Brasília  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Ambientais

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

**Comissão Julgadora**

---

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição  
Universidade de Brasília/Departamento de Economia

---

Prof. Dr. Uidemar Moraes Barral  
Universidade de Brasília/Instituto de Geociências

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus pela a família que ele nos concedeu e pelas oportunidades e pessoas que ele colocou em nosso caminho.

As nossas famílias, pelo extremo amor e suporte que elas nos oferecem, pelo custeio e incentivo à nossa educação.

Ao professor Pedro Zuchi, nosso orientador e a quem temos a enorme admiração e respeito, por ter nos mostrado o caminho das pedras e ter tido confiança nesse trabalho de conclusão de curso.

Aos nossos amigos, em especial Amanda, Breno e Gabriella que ajudaram a dar o pontapé inicial neste trabalho, e a todos os outros amigos que nos apoiaram, fazendo com que os momentos de dificuldades fossem superados com um pouco de diversão.

E a Universidade de Brasília, que mudou nossas vidas para sempre.

## RESUMO

Este trabalho aborda o aproveitamento de águas pluviais no *campus* Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, nas três edificações onde estão presentes o Instituto de Ciências Sociais; o Instituto de Ciência Política e Relações Internacionais, e; no Prédio de Ciência da Computação e Estatística. Tem-se como objetivo verificar a eficiência dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais construídos na Universidade, do ponto de vista físico, por meio do cálculo do volume de água pluvial em metros cúbicos com capacidade de aproveitamento e a quantidade de meses que o sistema consegue suprir toda a demanda do edifício nas finalidades não potáveis, e sob a óptica financeira, mediante uma análise custo-benefício dos sistemas. Para tanto, foi utilizado o Método de Simulação, fornecido e recomendado pela norma NBR 15527, para estimar o total de água pluvial que os sistemas são capazes de prover para os edifícios. Já para a viabilidade financeira, foi realizado uma análise custo-benefício dos sistemas, calculando indicadores financeiros, como o Payback descontado, e o valor presente líquido para um tempo de operação dos sistemas de 30 anos. Os resultados apontam que após a ativação dos sistemas, o total de água captada conseguiria suprir 62,84% da atual demanda de água dos edifícios, gerando uma economia anual de 1,6 milhão de litros de água potável. A quantidade de água poupada é suficiente para encher 781 vezes uma caixa d'água comum, com capacidade de 2 mil litros de armazenamento, ou 312 vezes um reservatório similar com capacidade de estoque de 5 mil litros. Por meio da análise custo e benefício, constatou-se que o aproveitamento de água pluvial nas três edificações em estudo são exequíveis, com valor presente líquido positivo, e com capacidade de pagar o valor investido ao longo de sua vida útil, após 28 anos de operação dos sistemas, verificando que a busca pelo gerenciamento hídrico sustentável, traduzido pela ativação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais disponíveis em seu *campus*, não geraria custos adicionais à Universidade de Brasília.

**Palavras-chave:** Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais; Instituições Públicas; Distrito Federal; Universidade de Brasília.

## ABSTRACT

This work addresses the use of rainwater on the Darcy Ribeiro campus, University of Brasília, in the three buildings where they are present the Institute of Social Sciences; Institutes of Political Science and International Relations, and; in the Computer Science and Statistics Building. The objective of this is to verify the efficiency of rainwater use systems built at the University, from a physical point of view, by calculating the volume of rainwater in cubic meters with the capacity to be used and the amount of months that the system can meet all the demand of the building in non-potable purposes, and from the financial perspective, through an analysis cost and benefit of systems. To this purpose, the Simulation Method was used, provided and recommended by NBR 15527, to estimate the total rainfall water that systems are capable of provide for buildings. For financial viability, a cost and benefit analysis of the systems was carried out, calculating financial indicators, such as discounted Payback, and the net present value for a 30-year system operation time. The results indicate that after its activation of the systems, the total water demand of the buildings, annual savings of 1.6 million liters of drinking water. The amount of water saved is enough to fill 781 times a common water box, with a capacity of 2.000 liters of storage, or 312 times a similar reservoir with an inventory capacity of 5.000 liters. Through cost and benefit analysis, it was found that the use of rainwater in the three buildings under study are feasible, with positive net present value, and with the ability to pay the amount invested over its useful life, after 28 years of operation of systems, verifying that the search for sustainable water management, translated by the activation of rainwater use systems available in its campus, would not generate additional costs to the University of Brasília.

**Keywords:** Rainwater Use Systems; Public Institutions; Federal District; University Of Brasilia.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> FLUXOGRAMA DO FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (FONTE: ANA, 2005 (ESQUEMA ADAPTADO PELOS AUTORES)).....	19
<b>FIGURA 2.</b> COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES HISTÓRICOS DE PLUVIOSIDADE COM A PLUVIOSIDADE MÉDIA ANUAL ENCONTRADA PARA O ANO DE 2018 (FONTE: CAESB, ANA E INMET).....	27
<b>FIGURA 3.</b> CONSUMO MENSAL DE ÁGUA EM METROS CÚBICOS (M <sup>3</sup> ) NA UNB, NOS ANOS DE 2015 A 2018 (FONTE: DIRETORIA DE MANUTENÇÃO PREDIAL (DIMAP)). .....	29
<b>FIGURA 4.</b> CONSUMO ANUAL DE ÁGUA EM METROS CÚBICOS (M <sup>3</sup> ) NA UNB, ANOS DE 2015 A 2018 (FONTE: DIRETORIA DE MANUTENÇÃO PREDIAL (DIMAP)). .....	30
<b>FIGURA 5.</b> EDIFICAÇÕES QUE POSSUEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (FONTE: ANA CRISTINA SOARES).....	37
<b>FIGURA 6.</b> QUANTIDADE MÉDIA MENSAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DO ICS - UNB, SEM E COM A ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES). .....	50
<b>FIGURA 7.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DO ICS - UNB, SEM E COM A ATIVAÇÃO DO SAAP, E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	51
<b>FIGURA 8.</b> QUANTIDADE MÉDIA MENSAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DO CIC/EST - UNB, SEM E COM A ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS(FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES). .....	53
<b>FIGURA 9.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DO CIC/EST - UNB, SEM E COM A ATIVAÇÃO DO SAAP, E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	54
<b>FIGURA 10.</b> QUANTIDADE MÉDIA MENSAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DO IPOL/IREL - UNB, SEM E COM A ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	56

<b>FIGURA 11.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DO IPOL/IREL - UNB, SEM E COM A ATIVAÇÃO DO SAAP, E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	57
<b>FIGURA 12.</b> QUANTIDADE MÉDIA MENSAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DOS TRÊS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, SEM E COM A ATIVAÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	59
<b>FIGURA 13.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DOS TRÊS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, SEM E COM A ATIVAÇÃO DOS SAAP'S, E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	60
<b>FIGURA 14.</b> QUANTIDADE MÉDIA MENSAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DOS TRÊS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, SEM E COM A ATIVAÇÃO DOS SAAP'S, PARA UM RESERVATÓRIO DE 10 m <sup>3</sup> (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES). ....	67
<b>FIGURA 15.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DOS TRÊS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, SEM E COM A ATIVAÇÃO DOS SAAP'S, PARA UM RESERVATÓRIO DE 10 m <sup>3</sup> E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES). ....	68
<b>FIGURA 16.</b> COMPARAÇÃO ENTRE OS DOIS RESERVATÓRIOS DE SAAP'S (FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES).....	70



## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> NÍVEL DE ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS DO DISTRITO FEDERAL, DE 2015 ATÉ 2018.....	25
<b>TABELA 2.</b> INVESTIMENTOS DOS NOVOS SISTEMAS PRODUTORES DE ÁGUA DO DISTRITO FEDERAL .....	25
<b>TABELA 3.</b> BALANÇO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (M <sup>3</sup> ) A PARTIR DA ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DA CHUVA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS – UNB .....	49
<b>TABELA 4.</b> BALANÇO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (M <sup>3</sup> ) A PARTIR DA ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DA CHUVA DO CIC/EST – UNB .....	52
<b>TABELA 5.</b> BALANÇO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (M <sup>3</sup> ) A PARTIR DA ATIVAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DA CHUVA DO IPOL/IREL – UNB .....	55
<b>TABELA 6.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DOS TRÊS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, SEM E COM A ATIVAÇÃO DOS SAAP’S, E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE .....	58
<b>TABELA 7.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA TRATADA DA CONCESSIONÁRIA UTILIZADAS NAS FINALIDADES QUE NÃO EXIGEM ESSE GRAU DE POTABILIDADE, E O PERCENTUAL DE ATENDIMENTO DOS SAAP’S NOS FINS NÃO POTÁVEIS.....	61
<b>TABELA 8.</b> VALOR TOTAL ESTIMADO PARA OS CUSTOS DE EXPLORAÇÃO NO 1º ANO DE OPERAÇÃO DOS SAAP’S.....	62
<b>TABELA 9.</b> MONTANTE DO VALOR EM REAIS (R\$) DA CONTA DE ÁGUA E ESGOTO PARA OS TRÊS EDIFÍCIOS - UTILIZANDO OS VALORES MÉDIOS DE CONSUMO DE ÁGUA NO PERÍODO DE 2015 A 2018 .....	63
<b>TABELA 10.</b> VALORES DA TMA UTILIZADA E O RESULTADO DOS INDICADORES ADOTADOS PARA O ESTUDO, CONSIDERANDO A VIDA ÚTIL DOS SISTEMAS .....	64
<b>TABELA 11.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE METROS CÚBICOS DE ÁGUA DA CONCESSIONÁRIA NECESSÁRIOS PARA O ABASTECIMENTO DOS TRÊS EDIFÍCIOS EM	

ESTUDO, SEM E COM A ATIVAÇÃO DOS SAAP'S (10M <sup>3</sup> ), E O TOTAL DE ÁGUA PLUVIAL APROVEITADA ANUALMENTE.....	66
<b>TABELA 12.</b> QUANTIDADE MÉDIA ANUAL DE LITROS DE ÁGUA TRATADA DA CONCESSIONÁRIA UTILIZADAS NAS FINALIDADES QUE NÃO EXIGEM ESSE GRAU DE POTABILIDADE, E O PERCENTUAL DE ATENDIMENTO DOS SAAP'S NOS FINS NÃO POTÁVEIS.....	69
<b>TABELA 13.</b> VALOR TOTAL ESTIMADO PARA OS CUSTOS DE EXPLORAÇÃO NO 1º ANO DE OPERAÇÃO DOS SAAP'S.....	71
<b>TABELA 14.</b> MONTANTE DO VALOR EM REAIS (R\$) DA CONTA DE ÁGUA E ESGOTO PARA OS TRÊS EDIFÍCIOS - UTILIZANDO OS VALORES MÉDIOS DE CONSUMO DE ÁGUA NO PERÍODO DE 2015 A 2018 .....	71
<b>TABELA 15.</b> VALORES DA TMA UTILIZADA E O RESULTADO DOS INDICADORES ADOTADOS PARA O ESTUDO, CONSIDERANDO A VIDA ÚTIL DOS SISTEMAS .....	72
<b>TABELA 16.</b> FLUXO DE CAIXA DOS PROJETOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS DOS EDIFÍCIOS EM ESTUDO, PARA UM PERÍODO DE 30 DE FUNCIONAMENTO.....	80
<b>TABELA 17.</b> FLUXO DE CAIXA DOS PROJETOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS CONSIDERANDO UM RESERVATÓRIO DE 10 M <sup>3</sup> , PARA UM PERÍODO DE 30 DE FUNCIONAMENTO .....	82

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1.</b> COMPONENTES QUE CONSTITUEM UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....	20
<b>QUADRO 2.</b> VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....	21

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ADASA</b>	Agência Reguladora de Águas, Energia, e Saneamento Básico do Distrito Federal
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>CAESB</b>	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
<b>CEB</b>	Companhia Energética de Brasília
<b>CIC/EST</b>	Ciência da Computação e Estatística
<b>DF</b>	Distrito Federal
<b>DIMAP</b>	Diretoria de Manutenção Predial
<b>e-SIC</b>	Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão
<b>ETE</b>	Estação de Tratamento de Esgoto
<b>FAO</b>	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
<b>ICC</b>	Instituto Central de Ciências
<b>ICS</b>	Instituto de Ciências Sociais
<b>IFPB</b>	Instituição Federal da Paraíba
<b>IFPE</b>	Instituição Federal de Pernambuco
<b>INMET</b>	Instituto Nacional de Meteorologia
<b>kWh</b>	Quilowatt Hora
<b>LC</b>	Lei Complementar
<b>M<sup>2</sup></b>	Metros Quadrados
<b>M<sup>3</sup></b>	Metros Cúbicos
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>P1+2</b>	Programa Uma Terra e Duas Águas
<b>P1MC</b>	Programa Um Milhão de Cisternas Rurais
<b>PBD</b>	Payback Descontado
<b>PBS</b>	Payback Simples
<b>PNRH</b>	Política Nacional de Recursos Hídricos
<b>RA</b>	Região Administrativa
<b>SAAP</b>	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais
<b>SABESP</b>	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
<b>SECOM</b>	Secretária de Comunicação
<b>TMA</b>	Taxa Mínima de Atratividade
<b>UFPA</b>	Universidade Federal do Pará
<b>UFRN</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
<b>UNB</b>	Universidade de Brasília
<b>UNIR</b>	Universidade Federal de Rondônia

**USP**  
**VPL**

Universidade de São Paulo  
Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	17
2.2. SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	19
2.3. ANÁLISE DE RISCOS DO SISTEMA.....	21
2.4. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO .....	22
2.5. CONTEXTO DA ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL.....	24
2.6. PLUVIOSIDADE DO DISTRITO FEDERAL.....	26
2.7. CONSUMO DA ÁGUA NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA .....	27
2.8. METODO DE SIMULAÇÃO.....	30
2.9. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA.....	31
2.10.INDICADORES FINANCEIROS.....	32
2.11.LEGISLAÇÃO E INSTRUMENTOS NORMATIVOS .....	33
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>36</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.2. ECONOMIA DE ÁGUA EM METROS CÚBICOS POR EDIFÍCIO .....	38
3.2.1.POTENCIAL DE ÁGUA CAPTADA PELO SAAP.....	39
3.2.2.ÁGUA DISPONÍVEL NO RESERVATÓRIO NO INÍCIO DO MÊS (M <sup>3</sup> ) .....	40
3.2.3.VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA APROVEITADA NO MÊS (M <sup>3</sup> ).....	41

3.3. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA.....	43
3.3.1.CUSTOS.....	43
3.3.2.VANTAGENS FINANCEIRAS .....	44
3.3.3.INDICADORES FINANCEIROS.....	45
3.4. SIMULAÇÃO COM UM RESERVATÓRIO DE 10 M <sup>3</sup> .....	46
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1. ECONOMIA DE ÁGUA EM M <sup>3</sup> A PARTIR DA ATIVAÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA UNB .....	47
4.1.1.INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS .....	48
4.1.2.EDIFÍCIO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO E ESTATÍSTICA (CIC/EST) .....	51
4.1.3.INSTITUTO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS E CIÊNCIA POLÍTICA (IPOL/IREL).....	54
4.1.4.IMPACTOS DA ATIVAÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA OS TRÊS EDIFÍCIOS .....	57
4.2. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA.....	62
4.3. SIMULAÇÃO COM UM RESERVATÓRIO DE 10 M <sup>3</sup> .....	65
4.3.1.ECONOMIA DE ÁGUA EM M <sup>3</sup> .....	65
4.3.2.ANÁLISE FINANCEIRA .....	70
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>
<b>7. ANEXO 1 .....</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de abastecimento de água segue uma lógica de oferta e demanda, onde a oferta de água vem da disponibilidade dos recursos hídricos, e a sua demanda, das pessoas e das atividades que utilizam essa água (HELLER e PADÚA, 2010). De acordo com a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), a concessionária responsável pelo abastecimento, obtém o recurso hídrico geralmente em mananciais perto da cidade, no qual essa água é captada e levada para uma estação de tratamento, onde logo após essa etapa, é distribuída para toda a cidade.

A atual gestão do abastecimento de água é voltada para a oferta do serviço, ou seja, ao passo que a demanda de água aumenta, a concessionária faz novos investimentos para aumentar a capacidade de produção deste bem, implantando novas estruturas ou ampliando as existentes (SANT' ANNA, 2017). No entanto, devido ao mau uso da água, seja pelo consumo exagerado, ou pela degradação de sua qualidade, a disponibilidade desse recurso está diminuindo, e com isso, afetando a sua capacidade de oferta, fazendo com que a concessionária tenha que aumentar a extensão das linhas de coleta ou adutoras para captar de água, e explorar novos mananciais (SAMPAIO, 2013).

Devido essa problemática, o aproveitamento de águas pluviais desponta como uma alternativa para reduzir o consumo de água proveniente de mananciais e diminuir a pressão sobre estes, já que substitui a água tratada (potável) da concessionária pela água da chuva, contribuindo para a gestão e o planejamento sustentável dos recursos hídricos da região (FERNANDES et al 2007; DO NASCIMENTO et al, 2016). Além da possibilidade de reduzir o consumo de água da rede pública de abastecimento e conseqüentemente o seu custo referente, outros benefícios também podem ser listados, pois ao aproveitar água da chuva, evita-se a utilização de água potável em finalidades que não exigem esse grau de potabilidade (irrigação, descarga de sanitários e limpeza dos edifícios), colaborando no controle de enchentes, na conservação da água e reduzindo a busca por água nos lençóis freáticos (ALVEZ, 2010)

O Distrito Federal (DF) tem duas estações bem definidas que se repetem todos os anos, essas são: o inverno, que é o período de estiagem, começa em meados de maio até o início de setembro e o verão, que é o período chuvoso, onde as chuvas se



concentram nos meses de outubro a abril. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Distrito Federal registra-se, em média, 1.550 milímetros (mm) de chuvas por ano, um valor consideravelmente alto quando comparado às demais regiões do Brasil. Assim, é notável o potencial de água da chuva com possibilidade de aproveitamento no Distrito Federal.

Na Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, existem três edifícios construídos que possuem um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), são estes: Instituto de Ciências Sociais (ICS), Instituto de Relações Internacionais e Ciência Política (IREL/IPOL) e o edifício de Ciência da Computação e Estatística (CIC/EST). Entretanto, devido a questões institucionais da universidade e à dificuldade de encontrar as normas que abordam a temática, nenhum desses sistemas está habilitado para uso.

Portanto, este estudo pretende verificar a eficiência da utilização dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais construídos na Universidade, do ponto de vista físico, por meio do cálculo do volume de água pluvial em metros cúbicos com capacidade de aproveitamento e a quantidade de meses em que o sistema consegue suprir toda a demanda do edifício nas finalidades não potáveis, e sob a óptica financeira, mediante uma análise de custo-benefício dos sistemas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

O aproveitamento de águas pluviais é uma prática antiga no mundo. Não se sabe ao certo onde exatamente foi inventada, mas acredita-se que tenha sido desenvolvida de forma independente em várias partes do mundo, desde a antiguidade. É uma prática geralmente atrelada ao meio rural, principalmente em regiões áridas e semiáridas, onde há um acesso limitado ou racionamento de água (GNADLINGER, 2003).

De acordo com Dillaha e Zolan (1985) existe evidências da construção de um SAAP no deserto de Negev, localizado atualmente no território de Israel e Jordânia há 2.000 mil anos atrás. No mesmo período na província de Gansu, na China, já existiam cacimbas e tanques para armazenar água da chuva (ZHU, 2008). Os romanos aproveitavam água da chuva em várias regiões, como na Ilha de Sardenha e nas regiões

do norte da África. As vilas romanas captavam água da chuva das suas casas e a utilizavam para beber e para o uso doméstico (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002). Já na América do Sul, os povos pré-colombianos como o povo Maya na península de Yucatan, hoje conhecida como México também tinham a prática de aproveitar a água da chuva para usos na sua agricultura (GNADLINGER, 2003).

A prática caiu em desuso por volta do século XIX, por conta de dois motivos: a urbanização e o aperfeiçoamento técnico que ocorreu nos países, onde foram disseminados sistemas públicos de abastecimento de água convencionais nas cidades, que são as redes de distribuição de água potável, que por meio de tubulações e encanamentos fornecem água em quantidade, regularidade e qualidade adequada em todas as edificações (FEWKES, 2006).

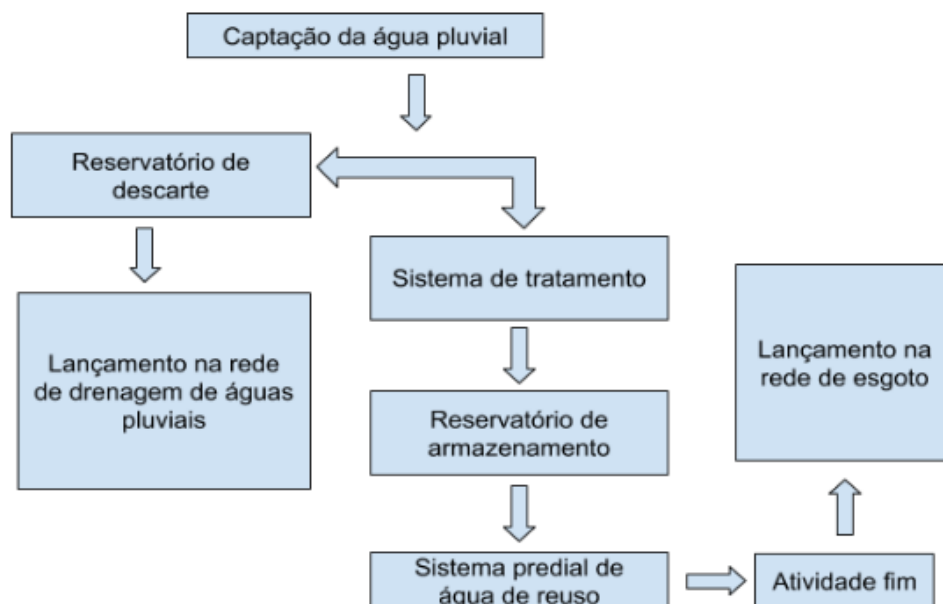
No final do século XX, devido à preocupação com a escassez de água no mundo e o tema desenvolvimento sustentável, o aproveitamento de água da chuva ganhou destaque e, em muitos países houve subsídios governamentais para estimular a sua implementação e uso. Existem novas técnicas e tecnologias com potencial para elevar a qualidade e quantidade de água pluvial utilizada com finalidades não potáveis (ADASA, 2017).

Devido às especificidades que possui o meio rural como casas bem dispersas uma das outras, às vezes, fica inviável levar uma rede pública de abastecimento de água, por isso opta por outras tecnologias, como: cisternas, poços, barreiros e outras tecnologias. Existem dois programas apoiados e financiados pelo governo federal que aproveitam água da chuva e a utilizam para autoconsumo e para a agropecuária, que são o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2). O objetivo desses programas é beneficiar cerca de cinco milhões de pessoas em toda a região rural do semiárido brasileiro com água para beber, cozinhar e produzir alimentos, utilizando as cisternas de placa.

Observa-se que a prática do aproveitamento de águas pluviais passou a ser utilizada também na área urbana, pois nas áreas rurais ela ainda é bastante comum (GNADLINGER, 2003). Porém a utilização da água pluvial na área urbana é somente com finalidades não potáveis, enquanto na área rural ela é utilizada também com finalidades potáveis (GOMES, U et al 2014).

## 2.2.SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Na área urbana um SAAP consiste na utilização da água pluvial em usos não potáveis. Basicamente o seu conceito é interceptar e coletar a água pluvial por meio de uma superfície impermeável (telhado, calçadas, lajes, rampas) e armazená-la em um reservatório, evitando assim que ocorra o seu escoamento superficial (ADASA, 2017). E o processo de captação e armazenamento de água da chuva em um SAAP deve possuir diversos compartimentos dentro de uma edificação (**Figura 4**). Além de possuir, de uma forma geral, alguns componentes principais (COHIM, 2008) (**Quadro 1**).



**Figura 1.** Fluxograma do funcionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (Fonte: ANA, 2005 (Esquema adaptado pelos autores))

**Quadro 1.** Componentes que constituem um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial.

Superfície de captação	Áreas impermeáveis planas como telhados de restrito acesso de pessoas e animais que possam contribuir para a contaminação da água coletada.
Calhas e tubulações	Utilizadas para transportar a chuva coletada, podem ser feitas de plástico PVC ou metálicas, como de alumínio e aço galvanizado. É caracterizada com avisos e cores diferentes da encanação fornecida pela concessionária, evitando conexões cruzadas entre ambas.
Bombas e sistemas pressurizados	Usados quando os pontos de redistribuição estão em cotas superiores a do nível de água no reservatório principal. Leva a água captada para retenção em caixa de água e distribui por gravidade para os devidos usos.
Reservatórios	Podem ser enterrados, apoiados ou elevados. Feitos de diversos materiais, sendo portanto, necessário avaliar em cada caso aspectos como: capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local e total vedação.

**Fonte:** Cohim, 2008 (tabela elaborada pelos autores).

Há dois tipos de SAAP, os sistemas isolados e os integrados:

- **Sistemas isolados:** São aqueles onde a água da chuva é coletada e armazenada na cisterna e depois distribuída diretamente em pontos de uso externo por meio de bombeamento, como irrigação por exemplo. Esse tipo de sistema tem um baixo custo e é de fácil adaptação predial em edifícios existentes.
- **Sistemas integrados:** Nesse sistema a água que é coletada e armazenada em um reservatório é distribuída de maneira indireta para pontos de uso interno e/ou externos. A água armazenada na cisterna é bombeada primeiro para um reservatório (caixa d'água), localizado na cobertura da edificação. Por gravidade essa água é distribuída para os usos como descarga de sanitários.

As vantagens de um SAAP são bastante variadas, tanto para áreas urbanizadas, fortemente impermeabilizadas, como para áreas rurais e desertificadas, mas os

problemas que esses sistemas podem ter, em alguns casos, são o custo da instalação e a sazonalidade das precipitações (MARTINS, 2009).

De acordo com SIMIONI, GHISI e GOMES (2004), há outras vantagens e desvantagens (**Quadro 2**).

**Quadro 2.** Vantagens e Desvantagens de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial

<b>Vantagens de um sistema de aproveitamento de águas pluviais</b>	<b>Desvantagens de um sistema de aproveitamento de águas pluviais</b>
Baixo impacto ambiental	Custo alto, quando comparado com outras alternativas;
Utilização de estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas)	Suprimento é limitado, pois depende da quantidade de chuvas e do tamanho da superfície de captação
Água com qualidade adequada para ser utilizada em muitas atividades após um tratamento simplificado	Não atrativo a políticas públicas
Complementa o sistema de abastecimento de água convencional	Custo inicial médio
Estoque de água para situações de emergência ou intermitência da rede pública de abastecimento	Qualidade da água vulnerável
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo)	Possível rejeição cultural
Fácil manutenção	-
Custo baixo de operação e manutenção	-
Tecnologias disponíveis e flexíveis	-

**Fonte:** Simioni, Ghisi e Gomes, 2004 (tabela elaborada pelos autores).

### **2.3.ANÁLISE DE RISCOS DO SISTEMA**

A água da chuva é uma água limpa, mas quando entra em contato com uma superfície de captação, ela pode acabar se contaminando por uma série de impurezas como poeira, folhas, terra, galhos, fezes e restos mortais de animais (ADASA, 2017). É

fundamental a limpeza das superfícies de captação, pois esse é o principal fator que afeta a qualidade da água (LYE, 2009). Os riscos envolvidos em um SAAP estão relacionados com a falta de manutenção dos seus componentes, o que podem diminuir a vida útil do sistema e afetar os usuários que se suprem desta forma de abastecimento alternativo (ADASA, 2017).

Outro fator que deve ser levado em consideração, é a composição da água da chuva, que varia de acordo com a sua localização geográfica, condições meteorológicas, poluentes na atmosfera e presença de vegetação (GOULD e NISSEN-PETERSEN, 1999).

Para evitar esses riscos são necessários cuidados básicos como: o descarte das primeiras águas da chuva, que tem a função de lavar a superfície de captação que contém impurezas acumuladas na cobertura, evitando a sua entrada no reservatório, a limpeza regular das calhas, instalação de malhas nos condutores, para impedir a entrada de galhos e folhas, e por último o reservatório que deve conter telas de mosquiteiros em pontos não lacrados para evitar doenças de veiculação hídrica. É importante também que a água da chuva armazenada tenha algum tipo de tratamento para ser utilizada. O nível de tratamento varia de acordo com o uso final (HELMREICH, 2009).

Uma vez instalado, o sistema torna-se responsabilidade do proprietário do imóvel ou condomínio para garantir que ele seja gerenciado em conformidade com as instruções do fabricante e qualquer defeito deve ser corrigido rapidamente (ADASA, 2017).

## **2.4.APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO**

A possibilidade de implementação de SAAP's em instituições de ensino não é uma novidade, já existem diversos trabalhos publicados no Brasil que abordam essa temática (GHISI et al, 2018). Os modelos estruturais de instituições desse tipo possuem características físicas que facilitam a implantação de um SAAP, por terem superfícies de captação grandes e espaços abertos para a instalação de um reservatório de água (HAGEMANN, 2009). Ao examinar diversos estudos, observa-se que em

geral a maioria analisa como benéfica a instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma instituição.

Em estudo realizado na instituição federal de Pernambuco (IFPE) no ano de 2019, constatou-se que a implantação de um SAAP, além de reduzir o consumo de água potável, também se apresentaria como uma contribuição benéfica para a drenagem da área, uma vez que minimizaria eventuais alagamentos no interior do Campus em dias de chuvas intensas (DA SILVA et al 2019).

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) - Campus Princesa Isabel, a implantação de um SAAP serviu como uma estratégia essencial nos períodos de estiagem e como uma estrutura para ensino, pesquisa e extensão (CAMPOS, DOS SANTOS, DA SILVA, 2017).

Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a implantação de um SAAP se mostrou viável economicamente, comparando os dados referentes à implantação e manutenção do sistema em relação à redução do abastecimento de água público da concessionária local. Somada a isso, outros benefícios citados foram a minimização de enchentes e inundações, bem como a racionalização do uso da água ao invés do uso exagerado (FERNANDES et al 2007).

A proposta de implantação de um SAAP no Campus Campina Grande do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) em estudo publicado em 2014, mostrou que o sistema traria uma economia de água comprada (água que vem da concessionária) e também, de acordo com o estudo, a garantia da sustentabilidade hídrica, promovendo o uso racional e conservação da água e auxiliando no controle de enchentes (MEDEIROS et al, 2014).

Em estudo realizado na Universidade Federal do Pará (UFPA), em 2016, verificou-se que a implantação de um SAAP possibilitaria que nos meses chuvosos houvesse uma redução do consumo de água potável de mais de 100% para fins não potáveis, onde o sistema poderia suprir toda a demanda de água do edifício para estes fins e ainda produzir uma quantidade excedente (DO NASCIMENTO et al, 2016).

No Campus da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) constatou-se que a implantação de um SAAP é economicamente viável. Houve redução do uso de água potável, e sua implantação pode ser considerada exequível e pouco onerosa, tanto na construção, quanto na manutenção (LASSEN et al, 2018).

## 2.5.CONTEXTO DA ÁGUA NO DISTRITO FEDERAL

O DF está localizado no planalto central do Brasil, com altitudes chegando a 1300 metros. Por conta de sua localização, o DF é um dos divisores de águas das três principais bacias hidrográficas do Brasil, a bacia do Paraná ou Prata, a bacia do São Francisco e a bacia do Tocantins (FERRANTE et al 2000). É uma das unidades da federação do Brasil e contém Brasília como o seu município, está que é dividida em 31 regiões administrativas (RA's).

Inicialmente apenas o plano piloto foi uma das RA's planejadas, todas as outras foram ocupações espalhadas pelo território, de forma irregular, mas que foram necessárias para suportar a enorme quantidade de imigrantes que vinham para a nova capital do País, que ocupavam áreas importantes para a recarga dos aquíferos, impermeabilizando o solo e destruindo nascentes (CODEPLAN, 2018).

O abastecimento de água do DF, está organizado em dois grandes sistemas que são: Descoberto e Torto-Santa Maria e mais dois sistemas Independentes (ADASA, 2018). Essa foi a oferta de água do DF durante muito tempo e era equilibrada com a demanda da cidade, mas com o crescimento populacional dos últimos anos, totalizando 2.906 milhões de habitantes, dos quais 210.067 residem no plano e 2.696.507 nas demais 30 RA's (CODEPLAN, PDAD, 2015, P. 43), a demanda de água também cresceu e já claro há alguns anos que a cidade necessita de novos sistemas produtores de água.

A companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) passou 15 anos sem grandes investimentos para aumentar a oferta de água, prestando seu serviço por muito tempo no seu limite máximo (CODEPLAN, 2018). Entretanto, vários fatores contribuíram para a “crise hídrica” no DF, a construção de cidades sobre nascentes, impermeabilização do solo, sedimentação de canais, consumo elevado tanto na área urbana, quanto na área rural, tudo isso levou a baixos níveis dos reservatórios, embora alguns pesquisadores abordassem aspectos mais globais, como as mudanças climáticas (CODEPLAN, 2018). Mas a ineficiência das políticas públicas e a falta de gestão dos recursos hídricos também contribuíram para a problemática (DA SILVA, 2009). Com isso, nos anos de 2015 a 2017, houve reduções nos níveis dos reservatórios, sendo 2017 o ano com os menores registros do nível dos reservatórios,



onde no reservatório do Descoberto o nível chegou a 5,7%, enquanto em Santa maria chegou a 21,8% (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Nível de água dos reservatórios do Distrito Federal, de 2015 até 2018

Descoberto		Santa Maria	
Ano	Nível (%)	Ano	Nível (%)
2015	53,5	2015	83,2
2016	21,3	2016	41,3
2017	5,7	2017	21,8
2018	62,2	2018	50,9

**Fonte:** Adasa, acessado no dia 5 de novembro de 2018.

Para atender a demanda de água a CAESB está promovendo a construção de novos sistemas produtores para captação de água (CAESB, 2014) (**Tabela 2**). Segundo a Secretária Nacional de Saneamento, do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNSA/MDR) a soma de todos esses investimentos é de 838.944.447,04 milhões. Sendo que somente a ampliação do sistema produtor de água Paranoá corresponde a 55,84% do valor total de investimento.

**Tabela 2.** Investimentos dos novos sistemas produtores de água do Distrito Federal

UF	Fonte	Empreendimento	Investimento	Execução
DF	FIN	Implantação do SAA de Águas Lindas de Goiás e RIDE - Sistema Corumbá Sul	126.873.139,26	76,93
DF	FIN	Ampliação do SAA do Rio Corumbá - adutoras e ETA - Sistema Corumbá Sul	102.696.398,49	77,88
DF	FIN	Ampliação do SAA do Rio Corumbá - ETA e adutora - Sistema Corumbá Sul – Complementação	22.763.320,12	94,68
GO	OGU	Ampliação e melhoria do SAA - sistema de produção de água do Rio Corumbá	118.157.494,03	42,59
DF	OGU	Ampliação do SAA do DF - Sistema Produtor de Água Paranoá	468.454.095,14	0

**Fonte:** SNSA/MCidades, informação recebida no dia 9 de novembro de 2018.

Diante desse contexto, percebe-se que a crise hídrica foi causada por diversas ações antrópicas que alteraram os recursos hídricos da região e o seu ciclo de renovação (ciclo da água). Não foi por causa de um problema de falta de água e sim na verdade por uma falta de gestão das águas. Para Sampaio, 2013 a situação já é grave quando se percebe a variação na distribuição espacial e temporal da água doce no

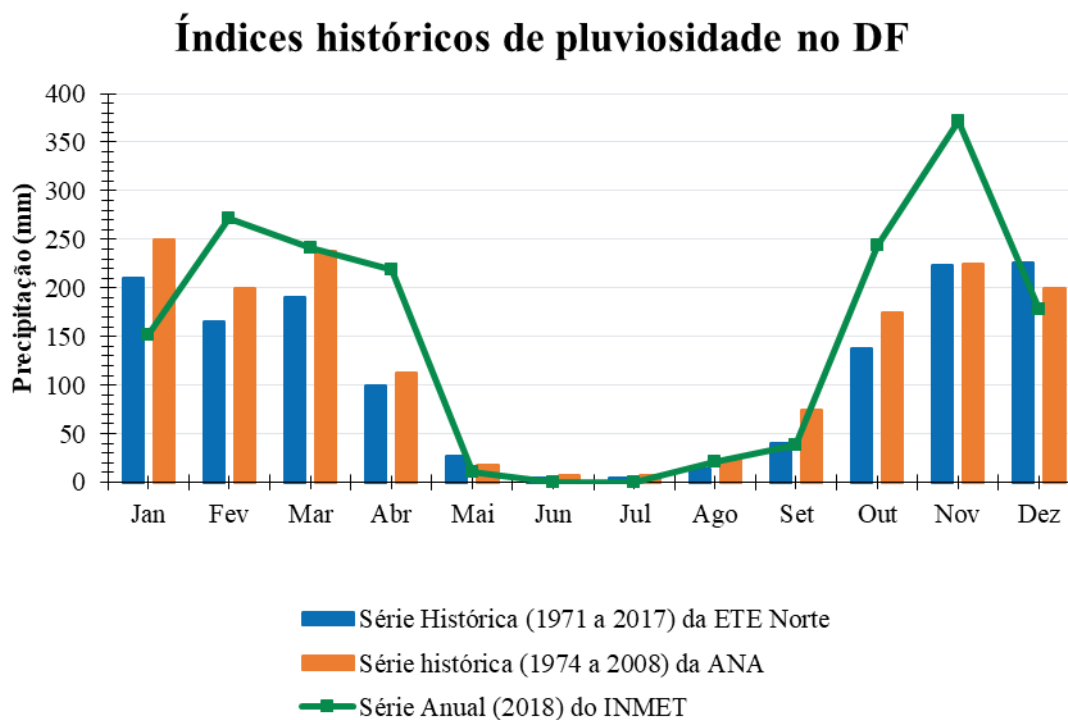
mundo, que embora seja um recurso renovável, o seu ciclo acontece de maneira lenta e para piorar nós estamos alterando de todas as formas diretamente o ciclo da água, por conta disso são geradas as crises hídricas.

## **2.6. PLUVIOSIDADE DO DISTRITO FEDERAL**

As chuvas do DF não são igualmente distribuídas durante o ano, começam no mês de outubro e vão até abril, esse período chuvoso se concentra na estação do verão e se repete todos os anos (STEINKE, 2000). De acordo com o INMET, no DF a pluviosidade média anual é de 1550 mm, uma pluviosidade considerada alta, quando comparada com cidades da região do Nordeste, como: os municípios de Cubati e Princesa Isabel, Paraíba, onde foram registrados uma pluviosidade média anual de 413 mm e 823 mm (PEREIRA et al 2016; CAMPOS et al 2017).

Apesar da alta quantidade de água da chuva que é precipitada, sua distribuição é irregular ao longo do ano. Essa distribuição interfere no abastecimento de água do DF, pois no período chuvoso que ocorre a recarga dos lençóis freáticos, por meio da infiltração. Após este período, ocorre a estiagem, e os rios são alimentados pela água subterrânea armazenada no período chuvoso, porém, com a irregularidade das chuvas, a reposição e abastecimento da reserva subterrânea vai se exaurindo, comprometendo o abastecimento dos reservatórios e demais cursos d'água (STEINKE, 2000).

É essencial conhecer o regime de chuvas da área de estudo, já que o sucesso de qualquer simulação que venha estimar o potencial de água da chuva que pode ser captada e substituída pela água potável, está muito ligado com a confiabilidade dos dados de pluviosidade, quanto maior a série histórica de pluviosidade utilizada, maior será a precisão da simulação (RUPP et al 2011). Assim, comparamos na **Figura 3** dois índices históricos de pluviosidade encontradas em dois estudos diferentes (ABDANUR, 2017 e COSTA et al 2012), com os dados da rede INMET para o ano de 2018. A primeira média histórica contém 46 anos de dados e foram registradas pelo pluviômetro da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Norte, a segunda contém 34 anos de dados e foram extraídos do sistema da Agência Nacional das Águas (ANA).



**Figura 2.** Comparação dos índices históricos de pluviosidade com a pluviosidade média anual encontrada para o ano de 2018 (Fonte: CAESB, ANA e INMET)

Pode-se observar na comparação dos três dados pluviométricos, ambos seguiram um mesmo padrão de sazonalidade. De acordo com o INMET o ano de 2018 teve chuvas acima da média histórica, cerca de 12%. Mesmo assim, ele não se destoa das duas séries históricas.

## 2.7. CONSUMO DA ÁGUA NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

A UnB é uma universidade pública federal inaugurada em 21 de abril de 1962, com sede em Brasília, DF. A instituição possui 4 campus, sendo estes no Plano Piloto (Campus Darcy Ribeiro), em Planaltina (Faculdade UnB Planaltina), no Gama (Faculdade UnB Gama) e na Ceilândia (Faculdade UnB Ceilândia).

A CAESB é a concessionária responsável pelo abastecimento de água da UnB. Esse abastecimento costuma ser de forma direta nos edifícios mais antigos da universidade, ou seja, sem passar primeiramente por um reservatório de água, o que ocorre por exemplo no Instituto Central de Ciências (ICC). Existem dois problemas do abastecimento de água direto, o primeiro é a alta pressão da água gerada nas instalações hidros sanitárias, ocasionando vazamentos e danos aos equipamentos,

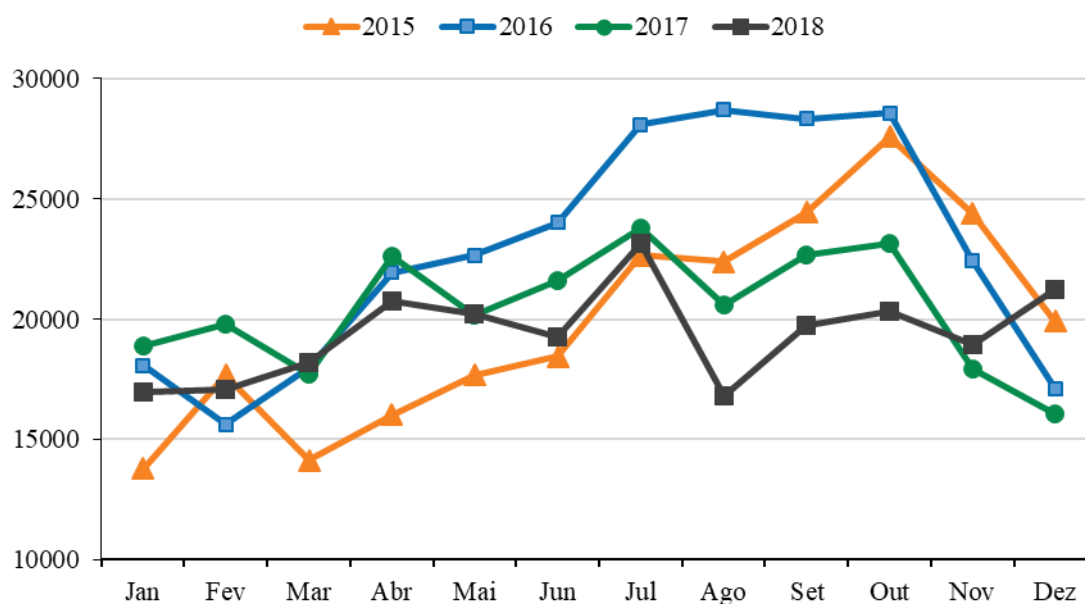
provocando desperdício (KOIDE, 2007). E o segundo é a pressão muito baixa em outros pontos, acarretando não haver água suficiente para o consumo, assim essas oscilações prejudicam tanto o usuário, quanto o funcionamento de equipamentos (MATOS e LOPES, 2016)

Apenas nos prédios mais novos existem reservatórios (caixas d'água) no topo do edifício, onde recebem a água da CAESB, para posterior distribuição por gravidade aos diversos usos no prédio.

Em 1992, o número de estudantes na universidade era de 11 mil, enquanto o consumo médio mensal girava em torno de 70 mil metros cúbicos de água. Em 2009, foram gastos em média 19 mil metros cúbicos de água por mês no Campus Darcy Ribeiro, para uma quantidade de estudantes mais que duas vezes maior (MATOS e LOPES, 2016). E essa redução do consumo mensal de água nos anos 90, ocorreu graças a trabalhos desenvolvidos entre o departamento de Engenharia Civil e Ambiental em parceria com a CAESB e as administrações da UnB, onde decidiram seccionar a rede, com o objetivo de impedir possíveis fugas de água pelos hidrômetros em caso de excesso de pressão em uma das entradas (KOIDE, 2007).

Nos anos de 2015 a 2018, o consumo médio anual da universidade foi de 247 mil metros cúbicos de água. Sendo que no ano de 2015 o consumo médio mensal foi de 20 mil metros cúbicos de água, esse consumo aumentou em 2016, indo para 23 mil metros cúbicos de água, em 2017 voltou para os 20 mil metros cúbicos de água e em 2018 diminuiu para 19 mil metros cúbicos de água (**Figura3**).

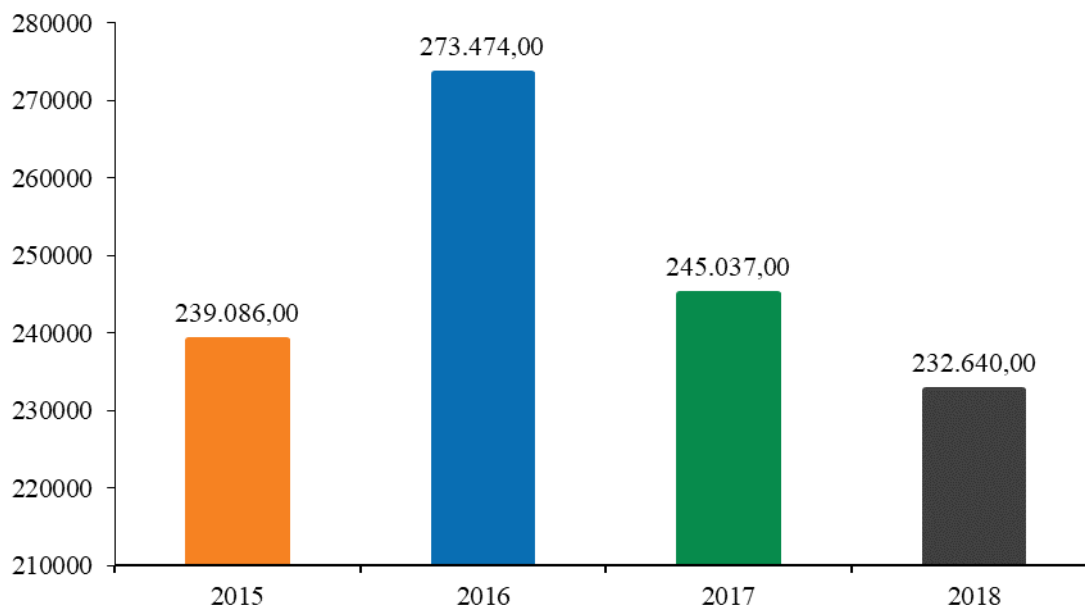
### Consumo mensal de água em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) na UNB



**Figura 3.** Consumo mensal de água em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) na UNB, nos anos de 2015 a 2018 (Fonte: Diretoria de Manutenção Predial (DIMAP)).

Nesse mesmo período, em 2016 o consumo de água aumentou 14,3%, cerca de 34.388 m<sup>3</sup>. Sendo gastos 273.474 m<sup>3</sup> de água, o equivalente a 273 milhões de litros de água. E no ano seguinte (2017) o DF passou por crise hídrica levando a racionamento de água, o que levou a universidade a adotar algumas medidas como a redução de frequências de lavagens das equipes de limpeza e irrigação das plantas dos jardins. Essas medidas levaram a uma redução de 10,4% no consumo em relação a2016, uma economia de 28.437 m<sup>3</sup> de água (**Figura 4**).

### Consumo anual de água em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) na UNB



**Figura 4.** Consumo anual de água em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) na UNB, anos de 2015 a 2018 (Fonte: Diretoria de Manutenção Predial (DIMAP)).

Na busca pela conservação, uso racional, reutilização e aproveitamento da água na universidade, medidas alternativas como o aproveitamento de águas pluviais pode ser uma alternativa. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), a conservação da água é um conjunto de atividades e/ou ações que são tomadas dentro das edificações com a finalidade de reduzir a captação de águas dos mananciais; reduzir o consumo e o desperdício ou as perdas de água; aumentara eficiência e a reciclagem ou o reuso da água.

## 2.8.METODO DE SIMULAÇÃO

A Norma Brasileira (NBR) 15527, denominada “Água de chuva – aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos” foi apresentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2007. Esta norma apresenta 6 métodos para o dimensionamento do volume do reservatório de armazenamento de água da chuva, a saber: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e o Método Prático Australiano. Cada método possui as suas variáveis e fórmula de cálculo,

ficando a critério do projetista a decisão do método a ser utilizado, desde que atendido critérios técnicos, econômicos e ambientais. Recomenda-se avaliar os diversos métodos de dimensionamento existentes, para então projetar a solução técnica e economicamente mais adequada para cada caso (DA CRUZ BEZERRA et al 2010).

O Método de Simulação utiliza os dados de precipitação da região, a área de captação e a demanda de água para fins não potáveis mês a mês, com o propósito de simular o comportamento do volume de água pluvial em diferentes tamanhos de reservatórios (DORNELLES, 2010 e ABDANUR, 2017).

Inicialmente é preciso estimar o quanto de água da chuva que o edifício pode captar, nesse primeiro momento apenas os dados de precipitação, área de captação e mais dois coeficientes de perdas de água na área de captação e nas tubulações de coleta (ambos de 10%) são levados em consideração.

Em um estudo realizado por Abdanur, 2017, o autor aplicou o método de simulação no edifício do Pavilhão Anísio Teixeira (PAT), localizado na UnB. A área de captação do PAT é de 2.800 metros quadrados e a precipitação média anual da área de estudo é de 1.341 mm. Como resultado o volume de água da chuva que o edifício em questão poderia captar é de 3.382 m<sup>3</sup>. Quanto maior for a precipitação anual e a área de captação de determinado lugar, maior também será o potencial de captação de água da chuva.

O potencial de aproveitamento de água da chuva (eficiência) é estabelecido como a relação entre o período em que o reservatório atende à demanda (não precisa utilizar a água potável da rede pública) e o período total estudado, que são os 12 meses do ano (AMORIM e PEREIRA, 2008).

Neste método também se leva em consideração duas premissas: a primeira é de que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e a segunda de que os dados históricos de precipitação são representativos para as condições futuras.

## **2.9. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA**

Para a análise financeira dos projetos de sistemas de captação de água da chuva das três edificações em estudo, foi realizada uma análise custo e benefício relacionando as vantagens e desvantagens monetárias provocados a partir da ativação dos SAAP's, considerando um fluxo de caixa de 30 anos, vida útil estimada para os

sistemas. A partir do estudo, serão mensurados indicadores financeiros, como PayBack Simples (PBS), PayBack Descontado (PBD), e o Valor presente Líquido (VPL) dos projetos.

Conforme Júnior et. al (2008), ao longo da vida útil de um projeto tem-se benefícios e custos em sua operação. Esses custos e/ou receitas incidirão anual ou mensalmente, dependendo da unidade de tempo utilizada na análise financeira. Sistemas prediais, geralmente possuem vida útil de 20 a 30 anos, portanto a escala anual será a utilizada para as estimativas dessa relação. Ainda segundo o referido estudo, os custos envolvidos na construção de um SAAP podem ser divididos em duas categorias: custos de investimento e custos de exploração.

Para os custos de exploração, foram considerados o custo de operação anual, os custos para a manutenção preventiva do sistema e o custo de energia incremental anual gerado pela a ativação dos SAAP's. O custo de operação dos SAAP's se constitui nos custos para a limpeza periódica da infraestrutura do sistema, bem como o do tratamento da água disponível no reservatório de armazenamento. Conforme Coscarelli, 2010, os custos anuais referentes à manutenção preventiva do sistema podem ser estimados como 20% do valor total de implantação do projeto, dividido pelo total de anos de seu funcionamento, considerado para o presente trabalho como 30 anos. Já os custos incrementais de energia simbolizam o gasto incremental de energia que a universidade teria ao ativar os sistemas.

Já o benefício monetário foi considerado como a diferença na conta de água e esgoto anual, provocada pela redução da água da concessionária necessária para o abastecimento dos edifícios.

## **2.10. INDICADORES FINANCEIROS**

Segundo Sant'Anna Et. al (2017), o PayBack simples (PBS) verifica o período temporal que um investimento leva para gerar vantagens financeiras suficientes para pagar o valor inicial de investimento. Em outras palavras, é a quantidade de tempo, no caso da presente análise em anos, em que as somas dos fluxos de caixa livres anuais se igualam ao valor total desembolsado para o investimento. A principal vantagem desse método, é a sua facilidade de compreensão dos benefícios gerados por um sistema a



partir do ponto de vista do cliente. A desvantagem desse método é que ele não considera o valor do dinheiro no tempo

De acordo com Contador (1988) o valor presente líquido (VPL), corresponde à soma dos valores dos fluxos de caixa do período de anos presentes na análise, incluindo o valor total de investimento, atualizados pela taxa de desconto estimada para o empreendimento. Ainda segundo o autor, um projeto será viável se apresentar um VPL positivo, e na escolha entre diferentes projetos, o escolhido será aquele com maior VPL estimado para o período. Assim, o VPL é uma ferramenta que se fundamenta em trazer para a data inicial do projeto, todos os seus fluxos de caixa e somá-los ao valor total de investimento, utilizando para essa finalidade uma taxa de desconto. Usualmente esta taxa de desconto é a taxa mínima de atratividade (TMA),

Por sua vez, o PayBack descontado (PBD) é similar ao PayBack simples, porém para esse método é considerado o valor do dinheiro ao longo dos anos de operação dos projetos. Para o seu cálculo deve-se adicionar uma taxa de desconto antes da soma dos fluxos de caixa

## **2.11. LEGISLAÇÃO E INSTRUMENTOS NORMATIVOS**

No âmbito federal, o instrumento normativo que menciona a possibilidade da utilização das águas pluviais é a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, Lei nº 9.433 de 1997), lei que estabelece diretrizes para um melhor aproveitamento e uso racional dos recursos hídricos.

A PNRH e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, busca reunir de forma legal um único sistema de órgãos federais, estaduais e municipais com objetivo de desenvolver uma utilização racional dos recursos hídricos, a fim de, assegurar um uso sustentável e que a atual e as futuras gerações possam usufruir a mesma disponibilidade de água, já que o recurso é considerado um bem finito. (Art. 2º, D). Através da lei 13.501/2017, um novo objetivo foi acrescentado na PNRH, o de incentivar e promover a captação e o aproveitamento de águas pluviais.

Para o nosso local de estudos quatro leis podem ser aplicadas, a Lei Distrital nº 4.181/2008 que “Cria o Programa de Captação de Água da Chuva”, a Lei Distrital nº 5.890/2017 que “Definiu os critérios para a implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reuso das águas cinzas”, a Lei Distrital nº

6.065/2018 que “Institui a política de incentivo ao reaproveitamento de água da chuva no Distrito Federal” e por último a Lei Complementar Distrital nº 929/2017 que “Dispõe sobre dispositivos de captação de águas pluviais para fins de retenção, aproveitamento e recarga artificial de aquíferos em unidades imobiliárias e empreendimentos localizados no Distrito Federal”

De acordo com Lei Distrital nº 4.181/2008, a concessão de habite-se fica condicionada às suas disposições para as construções iniciadas após sua vigência. Assim, casas, prédios públicos e particulares com mais de duzentos metros quadrados de área construída devem possuir um sistema de captação de águas da chuva. Esse sistema deve constituir-se, nos termos da lei, de caixas ou reservatórios de água com tampa parcialmente removível, coletores e armazenadores de água de chuva, calhas adaptadas e outros condutores convergentes às caixas coletoras, e uma adaptação, às caixas, de sistema que libere o excesso de água acumulada para as galerias de águas pluviais.

A Lei Distrital nº 5.890/2017 é considerada pioneira no país, pois esta é a primeira vez que são definidos diretrizes, critérios e parâmetros de qualidade para a implantação de sistemas de água não potável em residências. Tendo a ADASA como responsável por estabelecê-las. No seu art. 3º diz que o uso da água não potável em edificações tem como objetivos: Redução da exploração dos recursos hídricos; Promoção da conservação de água potável; Preservação da saúde e do bem-estar dos usuários de água não potável; Estímulo às práticas de aproveitamento de fontes alternativas de água e de reuso de águas residuárias; e, Fomento à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias para o uso de água não potável.

Enquanto a Lei Distrital nº 6.065/2018, diz em seu art. 2º, que o poder público pode promover campanhas educativas de forma a esclarecer a população do Distrito Federal sobre os benefícios do reaproveitamento de água da chuva e também promover incentivos fiscais para residências e prédios comerciais que tenham sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva.

Já na Lei Complementar nº 929/2017, são dadas diretrizes para o uso de dispositivos destinados à infiltração artificial de águas pluviais para a recarga de aquíferos, e para sua retenção e aproveitamento. Em seu art. 5º estabelece que edificações ou lotes, públicos ou privados, com mais de seiscentos metros quadrados, devem instalar dispositivos de recarga artificial e de retenção de águas pluviais para a

obtenção da Carta de Habite-se, das licenças iniciais de edificação ou os alvarás de construção (DISTRITO FEDERAL, 2017).

No que tange ao sistema de aproveitamento das águas da chuva a LC estipula que o sistema de aproveitamento de águas pluviais deve ser totalmente independente dos sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto. Também é definido que a água captada deve ser utilizada para fins não potáveis, proibindo o consumo humano e estabelecendo os seguintes usos (DISTRITO FEDERAL, 2017): Lavagem de pisos, calçadas e veículos; Irrigação de jardins; e espelhos d'água, fontes e outros usos ornamentais.

Outros tipos de usos são ressaltados pela Norma ND.SCO-013 CAESB, publicada em dezembro de 2012. A Norma aponta os tipos de usos disponíveis às águas provenientes dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reuso de água. (CAESB, 2012): Irrigação não pressurizada de jardins e áreas verdes; Lavagem de veículos automotores, de pisos e calçadas; Tanques e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes; Torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado central; e, Descarga em vasos sanitários, desde que submetida a um tratamento simplificado.

A Norma tem o intuito de estabelecer os procedimentos de avaliação para emissão de habite-se de novas construções que possuem sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reuso de água (ADASA, 2017). A fim de garantir a segurança e integridade da saúde dos consumidores/usuários que adotarem esses sistemas, a fiscalização da CAESB deverá observar: A impossibilidade de ocorrer conexão cruzada com o sistema público de abastecimento de água; A existência de reservatórios e sistemas hidráulicos independentes e identificados; e, A existência de registros e torneiras de acesso restrito devidamente identificadas.

De acordo com a ND.SCO-013, o efluente oriundo de sistemas de aproveitamento de águas pluviais ou de reuso de água devem atender aos padrões de lançamento de efluentes líquidos na rede pública de esgotos, conforme Decreto nº 18.328/1997. Caso este efluente apresentar uma concentração acima dos limites máximos previstos, a Norma estabelece que deverá ser aplicada uma Tarifa Especial na conta de água e esgoto (ADASA, 2017).

A Norma institui que a implementação dos sistemas de captação de água da chuva e água de reuso devem contemplar o princípio da sustentabilidade, da viabilidade econômica e de soluções ambientalmente corretas. O consumidor que adotar esse tipo de sistema, deixa de ser um consumidor e passa a ser um produtor de

água, sendo responsável pelo uso quantitativo e qualitativo da água. Além disso, é necessária uma observação da documentação que é referenciada pela norma a fim de elaborar a execução do projeto. São dadas pela concessionária as seguintes responsabilidades aos consumidores/usuários:

- Solicitar à CAESB a avaliação do projeto do sistema de reuso de água e/ou de aproveitamento de água pluvial;
- Apresentar o projeto do sistema incluindo detalhes executivos, especificações das tecnologias selecionadas, esquemas verticais e outros necessários para subsidiar a adequada verificação do sistema pela CAESB;
- Apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do responsável pelo projeto e pela operação do sistema, registrada no Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Distrito Federal (CREA-DF);
- Apresentar Licença Ambiental emitida pelo órgão ambiental competente referente ao sistema, nos casos em que for obrigatório; e Fica de responsabilidade da CAESB analisar e fiscalizar as instalações dos sistemas de água de reuso e aproveitamento de água pluvial. A vistoria preventiva deve verificar a conformidade com a legislação e com a norma prevista. Caso o sistema apresentar desconformidades com a norma ND.SCO-013, a CAESB tem a total responsabilidade de notificar e penalizar o consumidor.

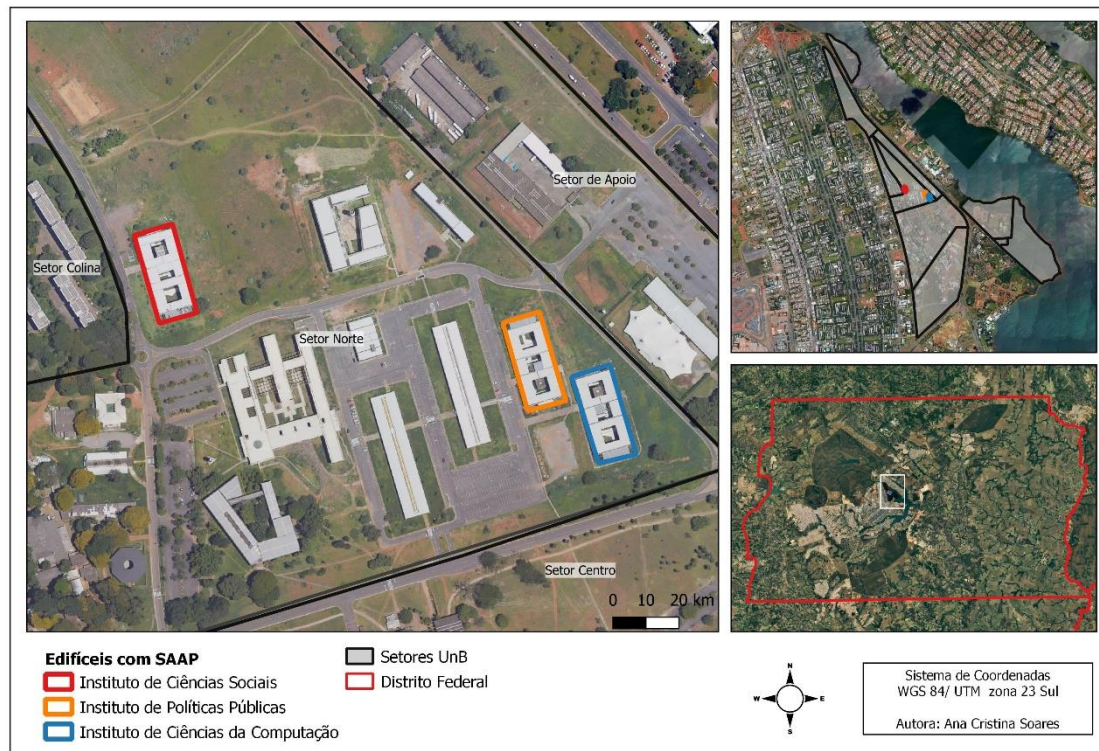
A Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) apresenta Normas Brasileiras (NBR) que podem ser aplicadas ao objeto de estudo. Entre elas, a NBR's 15527/2007, é a que mais possui relevância ao presente trabalho. A norma NBR 15527 apresenta os usos previstos para o aproveitamento de águas pluviais em cobertura urbanas para fins não potáveis como lavagens de áreas abertas, irrigação de áreas verdes e descargas sanitárias, e os padrões de qualidade da água não potável.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1.ÁREA DE ESTUDO**

Para a realização do estudo, foram escolhidas as três edificações da UnB, campus Darcy Ribeiro, que segundo o Sistema Eletrônico de Informação ao Cidadão (e-SIC) possuem em suas instalações um sistema de aproveitamento de águas pluviais (**Figura 5**). Os três edifícios possuem uma estrutura idêntica, já que foram construídos

a partir do mesmo projeto, assim, a caracterização foi realizada para apenas um prédio, o ICS, e será replicada para os demais.



**Figura 5.** Edificações que possuem sistema de aproveitamento de águas pluviais (Fonte: Ana Cristina Soares).

As características das instalações prediais foram observadas com visitas *in loco*. Os prédios possuem uma largura de 35 metros e um comprimento de 85 metros, ocupando uma área de 2.975 metros quadrados, com jardins no interior que somados possuem aproximadamente 200 metros quadrados em cada edifício, essas medidas foram registradas a partir de um medidor de distância manual Trena em Abs 5 Metros Cinta 19mm.

A superfície de captação do sistema das edificações possui uma especificidade, pois contém três aberturas no telhado, que somadas tem uma área de 675 metros quadrados. Essas aberturas fazem com que no período chuvoso a água caia e faça a irrigação de jardins no interior dos prédios. Excluídas essas aberturas, a superfície de captação do sistema é de 2.300 metros quadrados.

Os sistemas de calhas conectam as superfícies de captação à 12 condutores verticais que ligam o telhado dos edifícios a um reservatório com capacidade de armazenar 60 mil litros de água da chuva. Os SAAP's possuem ainda uma bomba de água com finalidade de bombear a água coletada, após o tratamento, à caixa d'água do

prédio, considerando que os SAAP's existente são do tipo sistema integrado. É importante ressaltar que os SAAP's foram construídos para serem utilizados apenas nas descargas de sanitários dos prédios.

Os consumos mensais de água dos edifícios foram obtidos em m<sup>3</sup> por meio de Planilha Digital no formato XLS, disponibilizados pela Diretoria de Manutenção Predial (DIMAP), a partir de leituras mensais realizadas nos hidrômetros dos prédios do campus, para os anos de 2015 a 2018.

A demanda de água mensal para fins não potáveis foi considerada como 80% da demanda mensal de água do prédio, já que, segundo Kammers 2006, o consumo de água para fins não potáveis em edifícios públicos tende a variar entre 52% e 88%. Assim, apesar do sistema ter sido construído apenas para descargas de sanitários, que segundo um estudo realizado na Universidade de São Paulo (USP) em conjunto com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) tende a variar de 28% a 30% nos edifícios públicos (SABESP, 2003), optou-se por trabalhar em um cenário onde os SAAP's seriam mais exigidos, com 80% da demanda de água de cada prédio destinado para usos não potáveis, ou seja, além de serem utilizados em descargas de sanitários, também seriam utilizados em irrigação e limpeza dos edifícios.

Para estimar o consumo médio mensal de água em m<sup>3</sup> para cada edificação, foi calculada uma média simples nos anos de 2015 a 2018 para cada mês. A demanda média anual, por sua vez, foi calculada somando as médias mensais para cada prédio.

### **3.2.ECONOMIA DE ÁGUA EM METROS CÚBICOS POR EDIFÍCIO**

Para estimar a economia de água gerada individualmente para cada edificação, a partir da ativação do SAAP, representando o total do benefício para a Universidade em termos de redução de água da concessionária, foram somados os valores individuais do consumo médio mensal de água para cada prédio sem a ativação dos SAAP's e com os mesmos em funcionamento. Também foram somados os volumes de água da chuva que podem ser aproveitados para cada um.

No cálculo da economia de água gerada para um edifício a partir da ativação do SAAP, foi necessário primeiro estimar o potencial de água da chuva que o sistema seria capaz de captar em caso de funcionamento. Dispondo como resultado o volume

de água pluvial mensal que o sistema seria capaz de captar, ignorando o tamanho do reservatório instalado no prédio. Porém, para estimar a economia de água gerada pelo sistema, devemos adicionar mais alguns fatores para o cálculo, como o volume limitado do reservatório (60 m<sup>3</sup>), e a demanda mensal de água para fins não potáveis do prédio (que neste estudo foi considerado como 80%).

O volume do reservatório coincide com o limite físico de armazenamento disponível nos SAAP's, isso é importante para o cálculo, pois mesmo em uma situação hipotética onde houvessem chuvas anuais intermitentes, o estoque de água estaria condicionado ao tamanho do reservatório.

A quantidade de água da chuva que é de fato aproveitada, leva em consideração também a demanda de água mensal para fins não potáveis do prédio. A partir do volume dessa demanda podemos fazer uma relação do que sai de água do sistema, e do que entra, contabilizado através do Método de Simulação, levando sempre em consideração o volume do reservatório.

Mensalmente, a quantidade de água da chuva que é aproveitada, mensalmente, foi calculada a partir do volume de água que é consumido do que está disponível no reservatório no início do mês ou da pluviosidade estimada com capacidade de ser captada, nos casos em que o reservatório sozinho não consegue satisfazer a demanda mensal do edifício, respeitando o limite físico de armazenamento disponível. Para o primeiro mês de operação dos SAAP's, considerou-se o volume disponível no reservatório no início do mês como o volume total armazenado (reservatório cheio), já que apesar dos sistemas estarem inativos, eles continuam recebendo água da chuva por meio das calhas e condutores.

### **3.2.1. POTENCIAL DE ÁGUA CAPTADA PELO SAAP**

O potencial de água da chuva que o sistema seria capaz de captar em caso de funcionamento é importante para calcular a economia de água gerada a partir da ativação dos SAAP's. Para isso, utilizou-se a metodologia encontrada nos estudos de Santana, 2011 e Abdanur, 2017, os autores utilizaram o Método de Simulação (**Equação 1**), que é fornecido e recomendado pela norma NBR 15527.

Método de Simulação:

$$PAP_t = IP_t \cdot AC \cdot CE \cdot CF \quad (1)$$

Onde

*PAP<sub>t</sub>* = Potencial de captação de águas pluviais no intervalo t

*IP* = Pluviosidade Média no intervalo t (mm)

*AC* = Área de captação (m<sup>2</sup>)

*CE* = Coeficiente de escoamento

*CF* = Coeficiente de filtragem

Para a Pluviosidade Média no intervalo t (IP), foram utilizados os valores médios dos dados de precipitação, registrados pelo pluviômetro da estação de tratamento de esgoto (ETE) Norte. A escolha desses dados se baseou em duas premissas: a primeira por ser perto da área de estudo e a segunda por conter um maior número de anos de precipitação (46 anos de dados). Para a Área de captação (AC), foi utilizado a área total da superfície de captação das edificações em estudo (2300 m<sup>2</sup>). Para as outras duas variáveis, o coeficiente de escoamento (CE) e o coeficiente de filtragem (CF), representantes de possíveis perdas de água em cada uma dessas etapas, foram assumidos uma perda de 10% para cada uma.

### **3.2.2. ÁGUA DISPONÍVEL NO RESERVATÓRIO NO INÍCIO DO MÊS (M<sup>3</sup>)**

Para o cálculo da água disponível no reservatório no início de cada mês, seguimos o seguinte método (**Equação 2**).



$$AD_t = (AD_{t-1} - CN_{t-1}) + PAP_{t-1} \quad (2)$$

Sendo que:

*Se  $AD_t > 60$ , então  $AD_t = 60$ ; e*

*Se  $AD_t < 0$ , então  $AD_t = 0$*

Onde

*$AD_t$  = Água disponível no reservatório no início do mês ( $m^3$ )*

*$AD_{t-1}$  = Água disponível no reservatório o mês anterior ( $m^3$ )*

*$CN_{t-1}$  = Consumo mensal de água não potável no mês anterior ( $m^3$ )*

*$PAP_{t-1}$  = Potencial de captação de águas pluviais no intervalo  $t$*

### 3.2.3. VOLUME DE ÁGUA DE CHUVA APROVEITADA NO MÊS ( $M^3$ )

Para cada mês, a quantidade máxima de água da chuva que pode ser aproveitada é igual ao consumo médio mensal de água não potável do mês (**Equação 3**). Em outras palavras, a maior quantidade de água que o SAAP pode disponibilizar para uso, é o volume total necessitado pelo prédio para os usos não potáveis, que seriam os usos em que a qualidade da água pluvial captada pelo sistema lhe é permitida, representando os casos em que a ativação do sistema consegue suprir totalmente a demanda mensal de água para fins não potáveis.

$$VAP_{t\ max} = CN_t \quad (3)$$

Onde:

$VAP_t =$  Volume de água de chuva aproveitada no mês ( $m^3$ )

$CN_t =$  Consumo mensal de água não potável no mês ( $m^3$ )

Levando esse pressuposto em consideração, pode-se calcular o  $VAP_t$  utilizando o esquema abaixo:

Para os casos onde a soma da água disponível no reservatório no início do mês ( $AD_t$ ) e o potencial de captação de águas pluviais do mês ( $PAP_t$ ) for maior ou igual ao consumo mensal de água não potável ( $CN_t$ ), considerou-se que o volume de água de chuva aproveitada ( $VAP_t$ ) foi igual ao total do consumo de água potável mensal ( $CN_t$ ) **(Equações 4 e 5)**.

Se,

$$(AD_t + PAP_t) \geq CN_t \quad (4)$$

Então,

$$VAP_t = CN_t \quad (5)$$

Quando a soma da água disponível no reservatório no início do mês ( $AD_t$ ) e o potencial de captação de águas pluviais do mês ( $PAP_t$ ) for menor que o consumo mensal de água não potável ( $CN_t$ ), considerou-se que o volume de água de chuva aproveitada ( $VAP_t$ ) foi igual à soma da água disponível no reservatório no início do mês ( $AD_t$ ) mais o potencial de captação de águas pluviais do mês ( $PAP_t$ ) **(Equações 6 e 7)**.

Se,

$$(AD_t + PAP_t) < CN_t \quad (6)$$

Então,

$$VAP_t = (AD_t + PAP_t) \quad (7)$$

### **3.3.ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA**

#### **3.3.1. CUSTOS**

Os custos envolvidos na construção de um SAAP podem ser divididos em duas categorias: custos de investimento e custos de exploração. O investimento total para cada edifício foi informado pela UnB através do portal e-SIC, onde para cada edifício o valor desembolsado para implementação do SAAP foi de R\$ 116.135,56, correspondendo a um total de R\$ 348.406,68 para os três prédios. Os sistemas disponíveis já se encontram instalados, com todos os instrumentos necessários para o seu funcionamento, desde conexões de tubulação à bomba de água necessária para o bombeamento.

O valor mensal para o custo de operação foi retirado do contrato nº 046/2019, realizado entre a UNB e a prestadora de serviços de limpeza de piscinas Eireli, pela semelhança dos serviços a serem prestados, como: Limpeza das bordas, paredes e fundo das piscinas; verificação e correção do pH; e aplicação de cloro e outros produtos necessários para correta manutenção da qualidade da água.

Para a realização desses serviços em uma frequência mensal de oito limpezas ao mês, foi cobrado um valor mensal de R\$ 650,00, para um total de seis piscinas. Para o mesmo tipo de manutenção a ser realizada em uma frequência de duas vezes mensais nos três sistemas de aproveitamento de águas pluviais disponíveis na Universidade, gera-se um total mensal de R\$ 162,50 e um montante anual de R\$ 1,950,00 para os custos de operação.

O valor anual correspondente à manutenção preventiva, referente à 20% do valor total das instalações para os três prédios, dividido pelos 30 anos de vida útil dos SAAP's é de R\$ 2.322,71 para o primeiro ano.

Para estimar os incrementos anuais provindos de reajustes contratuais, no caso do custo de operação, ou devido ao aumento do custo de peças de reposição, para a manutenção preventiva, foi aplicado para cada ano, a partir do segundo ano de funcionamento, a taxa média de inflação anual brasileira (IPC) calculada para os anos de 2000 a 2018, com valor médio de 6,35% ao ano (WWID, 2019).

A determinação do custo de energia incremental anual gerado pela a ativação dos SAAP's foi calculado utilizando as especificações dos aparatos de bombeamento

de água instalados na infraestrutura do sistema. A potência da bomba é de 3,72 quilowatt hora (kWh), com potencial de vazão de 32 m<sup>3</sup>/h calculado para os edifícios. Foi então dividido o valor médio anual de água aproveitada pelo sistema, pelo o potencial de vazão da bomba, estabelecendo a quantidade de horas anuais necessárias para transportar toda água aproveitada, do reservatório de armazenamento, para os reservatórios superiores de distribuição. A quantidade de horas foi então multiplicada pela potência estabelecida para o dispositivo, evidenciando o total anual de kWh necessários para a operação do sistema. Para o valor monetário dessa quantia, foi então multiplicado pelo preço da tarifa estabelecida pela Companhia Energética de Brasília (CEB) para o mês de novembro de 2019, com valor de 0,79 por kWh.

Para o cálculo da variação do custo de energia anual ao longo do tempo de vida útil dos projetos, foi calculada a taxa média de reajuste anual do preço do kWh cobrado pela CEB, para o período de 2004 a 2018, e aplicada ao fluxo de caixa para o custo de energia anual a partir do segundo ano de funcionamento dos sistemas. A taxa média anual de reajuste para o referido período é de 6,92%.

### **3.3.2. VANTAGENS FINANCEIRAS**

Para determinar a vantagem monetária anual gerada pela ativação dos sistemas nos três prédios, em R\$/ano, foi calculada a diferença entre o montante da fatura de água e esgotos atual para os três edifícios, e o montante dessa fatura estimado após a ativação desses sistemas.

O valor da conta de água atual, sem a ativação dos SAAP's, foi calculado utilizando a soma dos valores anuais médios da demanda em m<sup>3</sup> de água dos edifícios, para o período de 2015 a 2018. Esse valor então foi multiplicado pelas tarifas de água cobradas pela CAESB para o ano de 2019, com valores de R\$7,97 para os primeiros 10 m<sup>3</sup> de água consumida em cada edifício, e R\$13,18 para consumos acima de 10 m<sup>3</sup>. O incremento que corresponde à parcela dos custos de tratamento de esgotos na conta foi incluído como correspondente a 100% do total do valor da cobrança pela água, conforme é estipulado no Decreto 26.590/06 que regulamenta a Lei N°. 442/93, que dispõe sobre a classificação de Tarifas dos Serviços de Água e Esgotos do Distrito Federal.

O faturamento da conta de água e esgotos considerando o cenário onde os SAAP's estão ativos foi calculado conforme descrito no parágrafo acima. No entanto, além do cálculo do valor da conta utilizando o consumo anual do prédio com a ativação dos sistemas, deve-se somar ao total, o faturamento da tarifa de esgoto referente ao volume de água pluvial gerado e introduzido no sistema de esgotamento sanitário.

Ao longo do período de análise do fluxo de caixa, a variação do benefício monetário anual gerado pela ativação dos SAAP's foi calculada aplicando, para os anos subsequentes, o índice de reajuste do preço do m<sup>3</sup> estipulado pela CAESB para ano de 2019. O índice, com valor de 3,45%, foi aplicado a partir do segundo ano de funcionamento dos Sistemas.

### 3.3.3. INDICADORES FINANCEIROS

Foram utilizados 3 indicadores financeiro para a análise dos projetos, o Payback simples (PBS), o Playback descontado (PBD) e o Valor presente líquido (VPL).

O cálculo do PBS pode ser definido como (**Equação 8**):

$$[FC_0] = \sum_{t=1}^n FC_t \quad (8)$$

Onde

$FC_0 =$  Fluxo de caixa no tempo 0 (Total de investimento)

$$\sum_{t=1}^n FC_t = \text{Somatório dos fluxos de caixa no intervalo } t$$

Para o cálculo do VPL e do PBD foi utilizado uma taxa mínima de atratividade (TMA), estimada para o trabalho como a taxa SELIC atualmente vigente, correspondendo à 5% para o período de 11/2019.

Para calcular o VPL, utilizamos a seguinte equação (**Equação 9**):

$$VPL = FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TMA)^t} \quad (9)$$

Onde

$FC_0 =$  Fluxo de caixa no tempo 0 (Total de investimento)

$\sum_{t=1}^n FC_t =$  Somatório dos fluxos de caixa no intervalo t

$TMA =$  Taxa mínima de atratividade

$n =$  Número do período no fluxo de caixa

Por sua vez, o PayBack descontado (PBD) é similar ao PayBack simples, porém para esse método é considerado o valor do dinheiro ao longo dos anos de operação dos projetos. Para o seu cálculo deve-se adicionar uma taxa de desconto antes da soma dos fluxos de caixa. O valor do fluxo de caixa acrescido da TMA, taxa de desconto utilizada, será expresso como o valor presente para o referido período do fluxo de caixa, conforme apresentado na equação abaixo (**Equação 10**).

$$[FC_0] = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TMA)^t} \quad (10)$$

Onde

$FC_0 =$  Fluxo de caixa no tempo 0 (Total de investimento)

$\sum_{t=1}^n FC_t =$  Somatório dos fluxos de caixa no intervalo t

$TMA =$  Taxa mínima de atratividade

$n =$  Número do período no fluxo de caixa

### 3.4.SIMULAÇÃO COM UM RESERVATÓRIO DE 10 M<sup>3</sup>

Apesar dos reservatórios adotados para as edificações que possuem um sistema de captação pluvial da UnB possuírem uma capacidade de 60 m<sup>3</sup>, foi testada também a

eficiência de um sistema com um reservatório menor, de 10 m<sup>3</sup>. A simulação com um volume diferente de armazenamento de água da chuva, permite a comparação de desempenho com o volume de reservatório já adotado, dessa forma é propiciado uma alocação eficiente dos recursos a serem utilizados para a implementação de futuros SAAP's na universidade.

A escolha do reservatório de 10 m<sup>3</sup> baseou-se em um estudo realizado por Abdanur (2017), no edifício Pavilhão Anísio Teixeira, também localizado na UnB. Esse trabalho analisou a possibilidade de implementação de um SAAP no referido edifício. A seleção do pavilhão efetuou-se por ele possuir características que facilitam a implementação do sistema, como uma grande superfície de captação, espaço para instalação de um reservatório e alta demanda de água.

No estudo de Abdanur (2017) foi aplicado o método de simulação, com o intuito de dimensionar um volume de reservatório que atendesse a demanda de água para fins não potáveis do edifício. Como resultado, o autor constatou que um reservatório de 10 m<sup>3</sup> seria suficiente para atender em média 50,3% da demanda de água para fins não potáveis do edifício, o que corresponde a uma economia de 1.281 m<sup>3</sup> de água.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1.ECONOMIA DE ÁGUA EM M<sup>3</sup> A PARTIR DA ATIVAÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA UNB**

Para cada edifício, a economia mensal de água em m<sup>3</sup> gerada a partir da ativação do seu respectivo SAAP é igual ao volume total de água da chuva que pode ser aproveitado, no mês, em cada prédio. Com a utilização da água da chuva, seriam poupados anualmente 70,39% do atual consumo médio de água no ICS, 57,72% no CIC-EST, e 61,38% no IPOL/IREL.

A média anual de consumo de água dos três prédios é de 828,67 m<sup>3</sup>, sendo o CIC/EST o de maior consumo entre eles, com 944,75 m<sup>3</sup> de água por ano. A média anual da demanda de água para fins não potáveis é de 662,93 m<sup>3</sup>, considerando um cenário onde 80% da demanda de água do prédio é para estes fins.

Como as três edificações compartilham da mesma infraestrutura nos SAAP's e suas superfícies de captação possuem o mesmo tamanho de área, o potencial de água total que os sistemas seriam capazes de captar em caso de funcionamento é o mesmo, com volume anual de 2.498,28 m<sup>3</sup>. Vale ressaltar que apesar dos índices pluviométricos retratarem valores médios dos dados de precipitação, registrados pelo pluviômetro da ETE Norte, o sistema está sujeito à inconstância pluviométrica da região, o que faz com que o seu desempenho possa variar (ABDANUR, 2017).

#### **4.1.1. INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS**

O consumo anual médio de água no ICS é de 788,25 m<sup>3</sup>, o segundo com maior consumo dos três prédios, com demanda para fins não potáveis de 630,60 m<sup>3</sup>. Anualmente o volume de água da chuva que poderia ser aproveitado é de 554,85 m<sup>3</sup>, equivalente à 87,99% da demanda total de água para fins não potáveis (**Tabela 3**).



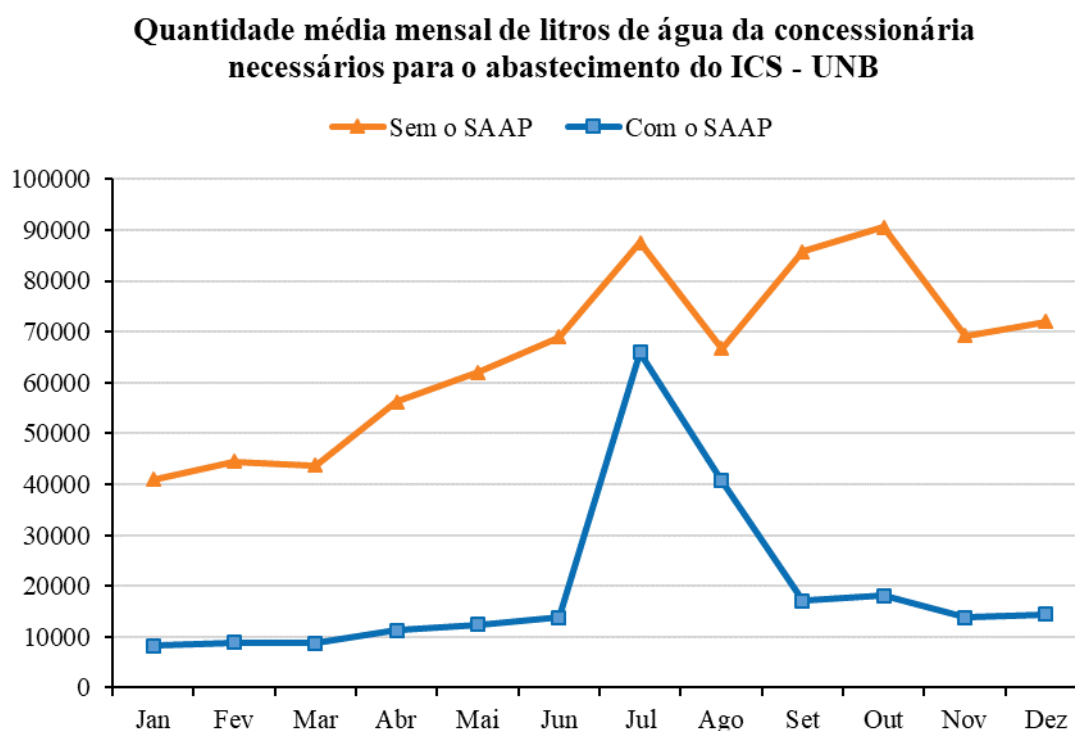
**Tabela 3.** Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais (m<sup>3</sup>) a partir da ativação do sistema de aproveitamento de águas da chuva do Instituto de Ciências Sociais – UNB

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Volume potencial de água capitada no telhado (m <sup>3</sup> )	Consumo médio mensal do prédio (m <sup>3</sup> )	Consumo mensal de água não potável-80% (m <sup>3</sup> )	Água disponível no reservatório no início do mês (m <sup>3</sup> )	Volume de água de chuva - aproveitada (m <sup>3</sup> )	Água da CAESB necessária para abastecer o Edifício Com o SAAP (m <sup>3</sup> )	Água potável utilizada para fins não potáveis (m <sup>3</sup> )
Jan	210,00	391,23	41,00	32,80	60,00	32,80	8,20	-
Fev	165,00	307,40	44,50	35,60	60,00	35,60	8,90	-
Mar	190,00	353,97	43,75	35,00	60,00	35,00	8,75	-
Abr	99,00	184,44	56,25	45,00	60,00	45,00	11,25	-
Mai	27,00	50,30	62,00	49,60	60,00	49,60	12,40	-
Jun	5,00	9,32	69,00	55,20	60,00	55,20	13,80	-
Jul	4,00	7,45	87,50	70,00	14,12	21,57	65,93	48,43
Ago	14,00	26,08	66,75	53,40	-	26,08	40,67	27,32
Set	40,00	74,52	85,75	68,60	-	68,60	17,15	-
Out	138,00	257,09	90,50	72,40	5,92	72,40	18,10	-
Nov	223,00	415,45	69,25	55,40	60,00	55,40	13,85	-
Dez	226,00	421,04	72,00	57,60	60,00	57,60	14,40	-
TOTAL								
L	1.341,00	2.498,28	788,25	630,60	60,00	554,85	233,40	75,75

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Nota-se o grande potencial que o atual SAAP possui, já que até mesmo em um cenário onde sofreria uma maior pressão, conseguiria abastecer 100% da água para usos não potáveis em 10 meses no ano. No período da seca, compreendido de maio a setembro, apesar da escassez de chuvas, a água acumulada nos meses anteriores ainda conseguiria suprir parte da demanda para usos não potáveis, sendo necessária água da concessionária para esses fins apenas nos meses de julho e agosto, mesmo assim apenas 75,75 m<sup>3</sup> de água potável foram utilizados em finalidades não potáveis dentro do edifício.

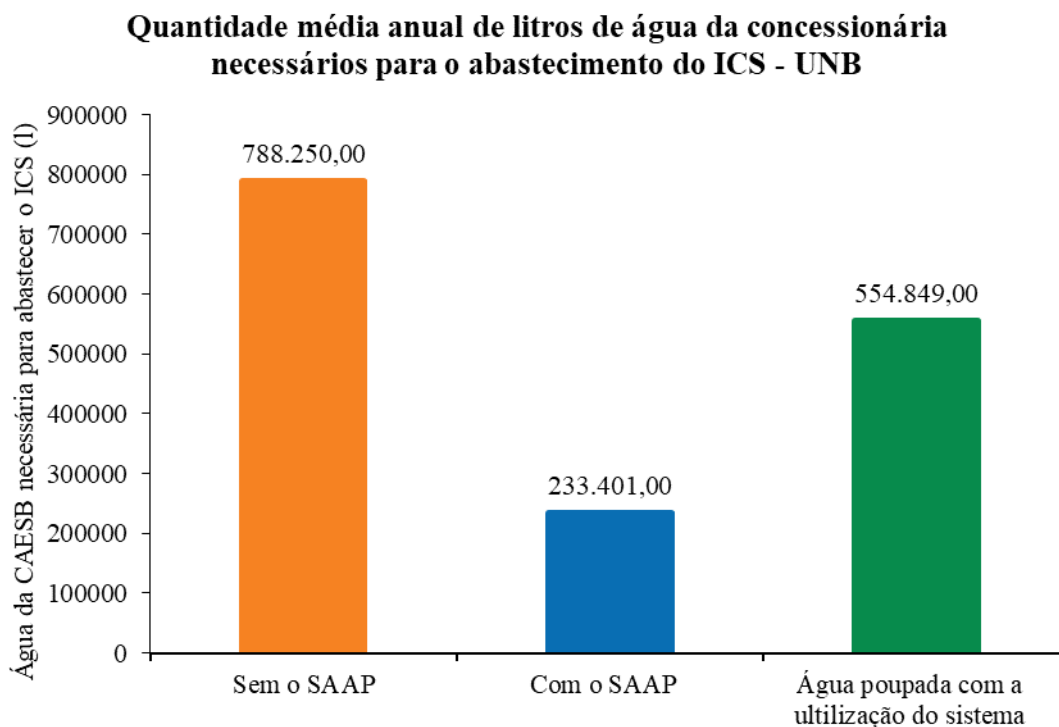
Na **Figura 6** podemos observar o comportamento da demanda de água do ICS, com e sem a utilização do sistema. Até mesmo do auge do período de estiagem o consumo de água é inferior com a utilização do SAAP.



**Figura 6.** Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do ICS - UNB, sem e com a ativação do sistema de aproveitamento de águas pluviais (Fonte: Elaborado pelos autores).

Apesar de apenas no mês de julho e agosto ser demandado água da concessionária para o abastecimento de água para fins não potáveis do prédio, a água total demandada da CAESB ainda seria menor para esses meses com a utilização do sistema. Isso se deve ao fato que de acordo com a média histórica de precipitação do período, apesar de escassas, ainda há chuvas nesses meses, ocorrendo assim o aproveitamento dessa água.

Abaixo, o **Figura 7** demonstra a demanda atual de água em litros do ICS, a demanda considerando um cenário com os sistemas ativos, e o total de água da CAESB poupada a partir de sua ativação. É importante ressaltar que o total de água poupada da CAESB é igual ao total de água pluvial aproveitada.



**Figura 7.** Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do ICS - UNB, sem e com a ativação do SAAP, e o total de água pluvial aproveitada anualmente (Fonte: Elaborado pelos autores).

Anualmente seria possível atender 70,39% do consumo total de água na edificação, gerando uma economia de 555 mil litros de água fornecida pela concessionária.

#### **4.1.2. EDIFÍCIO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO E ESTATÍSTICA (CIC/EST)**

O consumo anual médio de água no CIC/EST é de 944,75 m<sup>3</sup>, o maior consumo dentre os prédios analisados, com demanda para fins não potáveis de 755,80 m<sup>3</sup>. Anualmente o volume de água da chuva que poderia ser aproveitado é de 545,27 m<sup>3</sup>, equivalente à 78,14% da demanda de total de água para fins não potáveis (**Tabela 4**).

**Tabela 4.** Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais (m<sup>3</sup>) a partir da ativação do sistema de aproveitamento de águas da chuva do CIC/EST – UNB

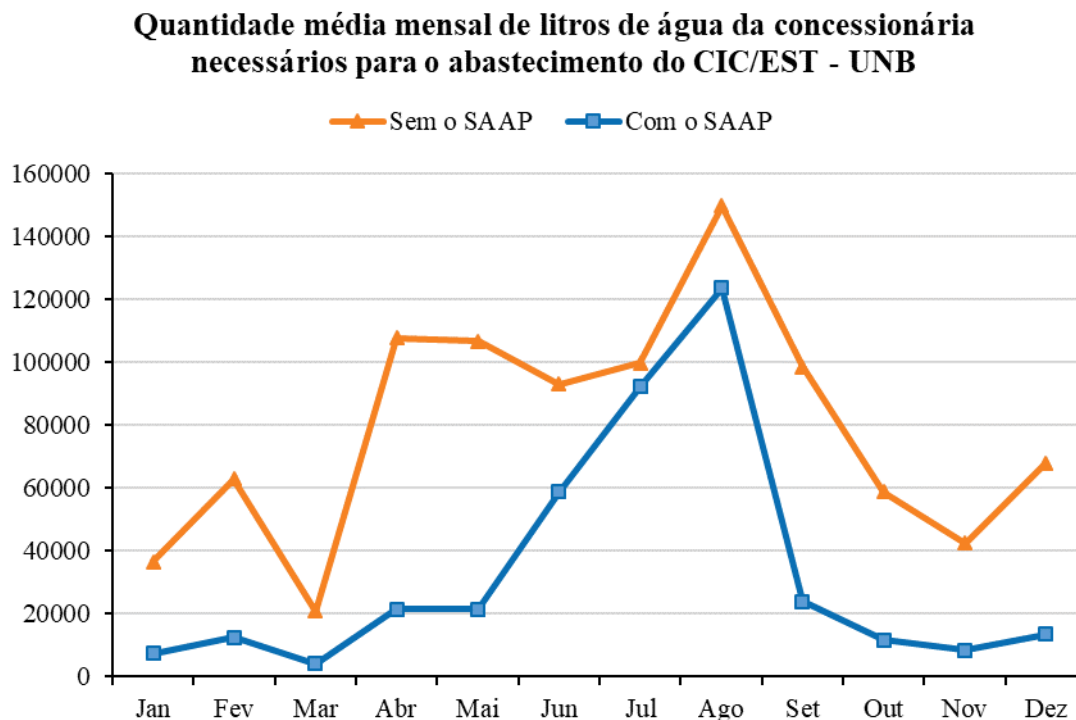
Meses	Precipitação média mensal (mm)	Volume potencial de água capitada no telhado (m <sup>3</sup> )	Consumo médio mensal do prédio (m <sup>3</sup> )	Consumo mensal de água não potável-80% (m <sup>3</sup> )	Água disponível no reservatório no início do mês (m <sup>3</sup> )	Volume de água de chuva - aproveitada (m <sup>3</sup> )	Água da CAESB necessária para abastecer o Edifício Com o SAAP (m <sup>3</sup> )	Água potável utilizada para fins não potáveis (m <sup>3</sup> )
Jan	210,00	391,23	36,50	29,20	60,00	29,20	7,30	-
Fev	165,00	307,40	62,75	50,20	60,00	50,20	12,55	-
Mar	190,00	353,97	20,75	16,60	60,00	16,60	4,15	-
Abr	99,00	184,44	107,75	86,20	60,00	86,20	21,55	-
Mai	27,00	50,30	106,75	85,40	60,00	85,40	21,35	-
Jun	5,00	9,32	93,00	74,40	24,90	34,22	58,78	40,18
Jul	4,00	7,45	99,75	79,80	-	7,45	92,30	72,35
Ago	14,00	26,08	149,75	119,80	-	26,08	123,67	93,72
Set	40,00	74,52	98,50	78,80	-	74,52	23,98	4,28
Out	138,00	257,09	58,75	47,00	-	47,00	11,75	-
Nov	223,00	415,45	42,50	34,00	60,00	34,00	8,50	-
Dez	226,00	421,04	68,00	54,40	60,00	54,40	13,60	-
<b>TOTAL</b>	<b>1.341,00</b>	<b>2.498,28</b>	<b>944,75</b>	<b>755,80</b>	<b>60,00</b>	<b>545,27</b>	<b>399,48</b>	<b>210,53</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Apesar do CIC/EST ser o prédio que possui o maior consumo mensal de água, este não é o que aproveita o maior volume de água da chuva. Isso se deve justamente ao seu elevado consumo, extinguindo a água do seu reservatório por uma maior quantidade de meses. Para o edifício, seria necessária água da concessionária para fins não potáveis nos meses de junho a setembro, o equivalente a 210,53 m<sup>3</sup> de água potável. Nos demais meses do ano a água da CAESB seria utilizada apenas para fins potáveis, onde é necessária uma melhor qualidade da água.

Na **Figura 8** podemos observar o comportamento da demanda de água do CIC-EST, com e sem a utilização do sistema. Como visto no ICS, até mesmo do auge do período de estiagem o consumo de água é inferior com a utilização do SAAP, sendo o

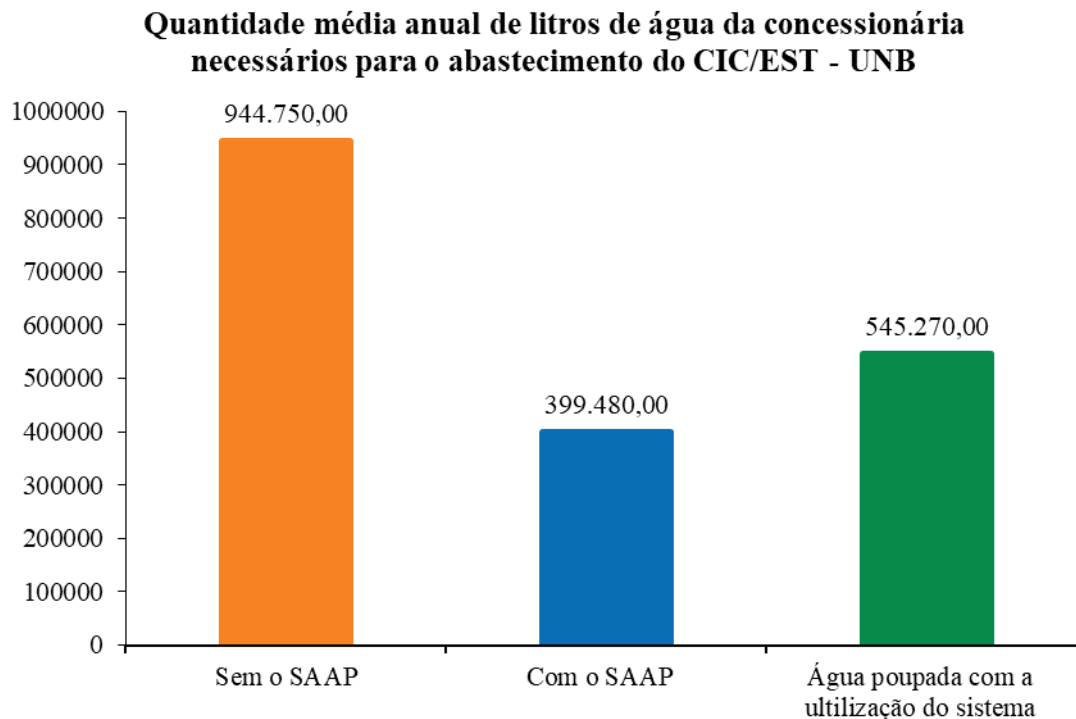
mês de julho o que mais necessitaria de água da concessionária para fins não potáveis, relativamente ao consumo do mês.



**Figura 8.** Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do CIC/EST - UNB, sem e com a ativação do sistema de aproveitamento de águas pluviais (Fonte: Elaborado pelos autores).

Apesar de apenas nos meses de junho a setembro ser demandada água da concessionária para o abastecimento de água para fins não potáveis do prédio, a água total demandada da CAESB ainda seria menor para esses meses com a utilização do sistema. Isso se deve ao fato que de acordo com a média histórica de precipitação do período, apesar de escassas, ainda há chuvas nesses meses, ocorrendo assim o aproveitamento dessa água.

Abaixo, o **Figura 9** demonstra a demanda atual de água em litros do CIC/EST, a demanda considerando um cenário com os sistemas ativos, e o total de água da CAESB poupada a partir de sua ativação.



**Figura 9.** Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do CIC/EST - UNB, sem e com a ativação do SAAP, e o total de água pluvial aproveitada anualmente (Fonte: Elaborado pelos autores).

Quando analisamos a diferença no consumo anual de água do edifício, com e sem a ativação do sistema, podemos notar que se o SAAP do CIC/EST estivesse em operação, seria possível atender 57,72% do consumo anual médio de água, gerando uma economia de 545 mil litros de água fornecida pela concessionária.

#### **4.1.3. INSTITUTO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS E CIÊNCIA POLÍTICA (IPOL/IREL)**

Para o edifício do IPOL/IREL, o consumo anual médio de água é de 753,00 m<sup>3</sup>, o menor consumo dentre os prédios analisados, com demanda para fins não potáveis de 602,40 m<sup>3</sup>. Anualmente o volume de água pluvial que poderia ser aproveitado é de 462,17 m<sup>3</sup>, o que equivale à 76,72% da demanda de total de água para fins que não exigem alto padrão de qualidade (**Tabela 5**).

**Tabela 5.** Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais (m<sup>3</sup>) a partir da ativação do sistema de aproveitamento de águas da chuva do IPOL/IREL – UNB

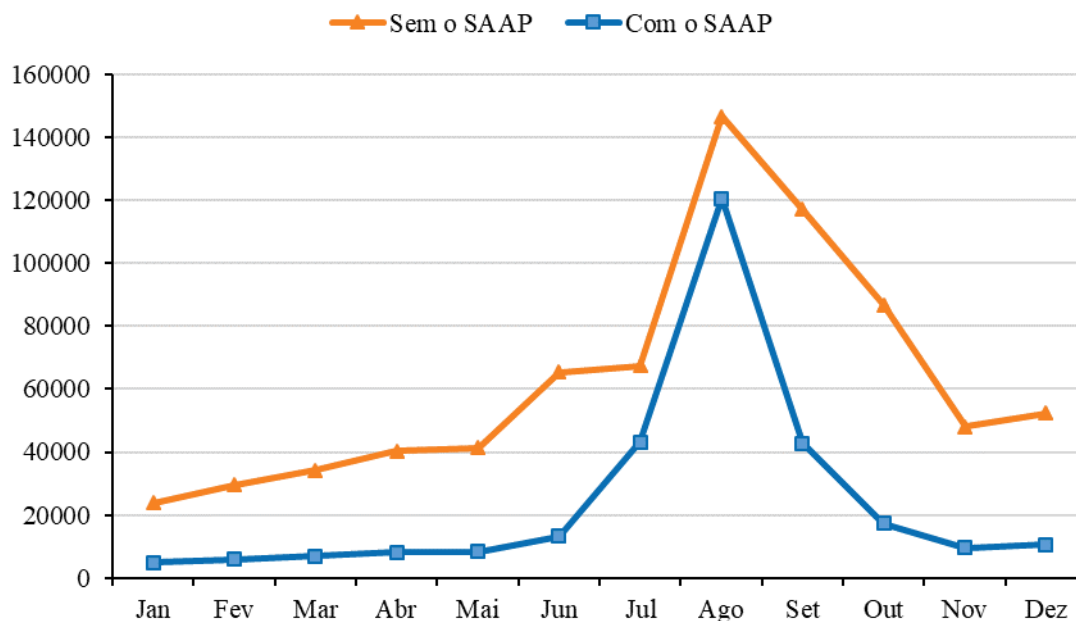
Meses	Precipitação média mensal (mm)	Volume potencial de água capitada no telhado (m <sup>3</sup> )	Consumo médio mensal do prédio (m <sup>3</sup> )	Consumo mensal de água não potável-80% (m <sup>3</sup> )	Água disponível no reservatório no início do mês (m <sup>3</sup> )	Volume de água de chuva - aproveitada (m <sup>3</sup> )	Água da CAESB necessária para abastecer o Edifício Com o SAAP (m <sup>3</sup> )	Água potável utilizada para fins não potáveis (m <sup>3</sup> )
Jan	210,00	391,23	23,75	19,00	60,00	19,00	4,75	-
Fev	165,00	307,40	29,50	23,60	60,00	23,60	5,90	-
Mar	190,00	353,97	34,25	27,40	60,00	27,40	6,85	-
Abr	99,00	184,44	40,25	32,20	60,00	32,20	8,05	-
Mai	27,00	50,30	41,25	33,00	60,00	33,00	8,25	-
Jun	5,00	9,32	65,50	52,40	60,00	52,40	13,10	-
Jul	4,00	7,45	67,50	54,00	16,92	24,37	43,13	29,63
Ago	14,00	26,08	146,75	117,40	-	26,08	120,67	91,32
Set	40,00	74,52	117,25	93,80	-	74,52	42,73	19,28
Out	138,00	257,09	86,75	69,40	-	69,40	17,35	-
Nov	223,00	415,45	48,00	38,40	60,00	38,40	9,60	-
Dez	226,00	421,04	52,25	41,80	60,00	41,80	10,45	-
<b>TOTAL</b>	<b>1.341,00</b>	<b>2.498,28</b>	<b>753,00</b>	<b>602,40</b>	<b>60,00</b>	<b>462,17</b>	<b>290,83</b>	<b>140,23</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Na edificação, os meses do período de estiagem em que seria demandado água da concessionária para fins não potáveis são os meses de julho a setembro, nesses meses, cerca de 140,23 m<sup>3</sup> de água potável seriam utilizados em finalidades não potáveis. O restante do período anual o SAAP conseguiria atender 100% da demanda para estes fins.

Podemos observar na **Figura 10** o comportamento da demanda de água do IPOL/IREL, com e sem a utilização do seu SAAP. Como padrão em todos os prédios, até mesmo do auge do período de seca o consumo de água é inferior com a utilização do SAAP.

### Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do IPOL/IREL - UNB

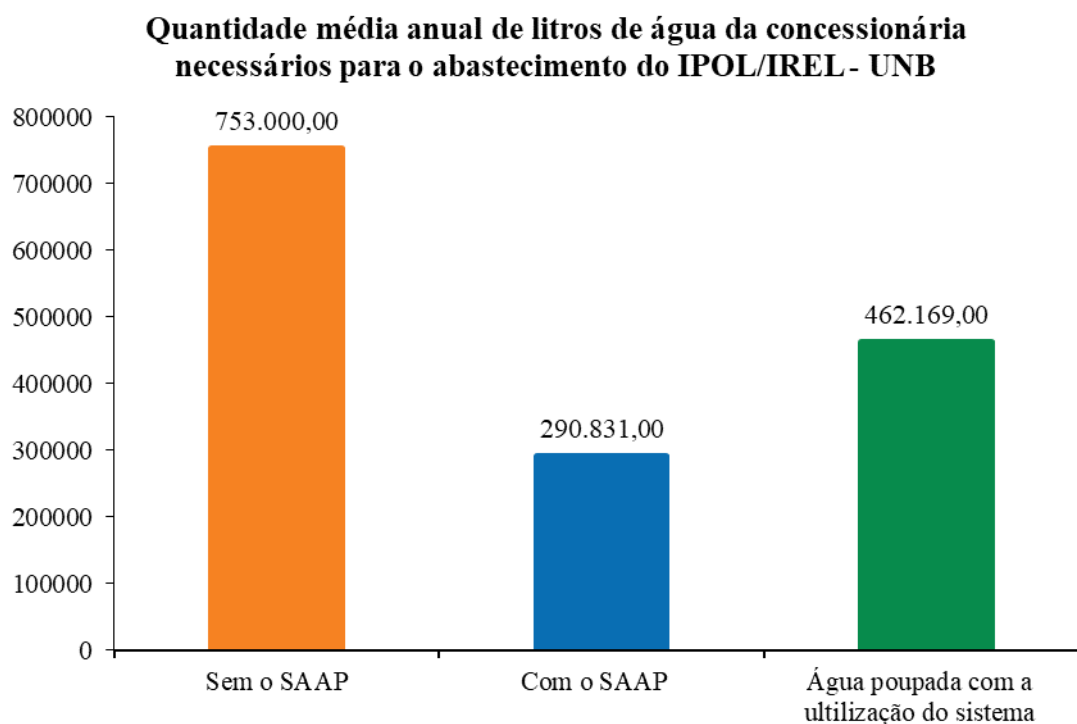


**Figura 10.** Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do IPOL/IREL - UNB, sem e com a ativação do sistema de aproveitamento de águas pluviais (Fonte: Elaborado pelos autores).

Apesar de apenas nos meses de julho a setembro ser demandado água da concessionária para o abastecimento de água para fins não potáveis do prédio, a água total demandada da CAESB ainda seria menor para esses meses com a utilização do sistema. Isso se deve ao fato que de acordo com a média histórica de precipitação do período, apesar de escassas, ainda há chuvas nesses meses, ocorrendo assim o aproveitamento dessa água.

Abaixo, o **Figura 11** demonstra a demanda atual de água em litros do IPOL/IREL, a demanda considerando um cenário com os sistemas ativos, e o total de água da CAESB poupada a partir de sua ativação.





**Figura 11.** Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento do IPOL/IREL - UNB, sem e com a ativação do SAAP, e o total de água pluvial aproveitada anualmente (Fonte: Elaborado pelos autores)

O nível de consumo anual do edifício também demonstra um comportamento similar ao dos outros prédios com a ativação de seu SAAP, sendo que se o mesmo estivesse em operação seria economizado 61,38% da demanda média total de água do IPOL/IREL. A economia de água gerada pela utilização do sistema é de 462 mil litros por ano.

#### **4.1.4. IMPACTOS DA ATIVAÇÃO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA OS TRÊS EDIFÍCIOS**

Individualmente, cada edifício demonstra que a ativação do SAAP resultaria em uma redução de mais de 55% do consumo de água médio. Analisando os totais de consumo de água das três edificações juntas em conjunto, foi verificado o montante do benefício que seria disponibilizado à UnB, provindos da economia de água potencial gerada através da ativação dos SAAP's existentes no campus Darcy Ribeiro.

O consumo anual médio total para os três prédios é de 2.486 m<sup>3</sup> de água. Com a ativação dos SAAP's esse consumo seria de 923 m<sup>3</sup>, gerando um benefício anual de 1.562 m<sup>3</sup> (62,84%) de água poupada (**Tabela 6**).

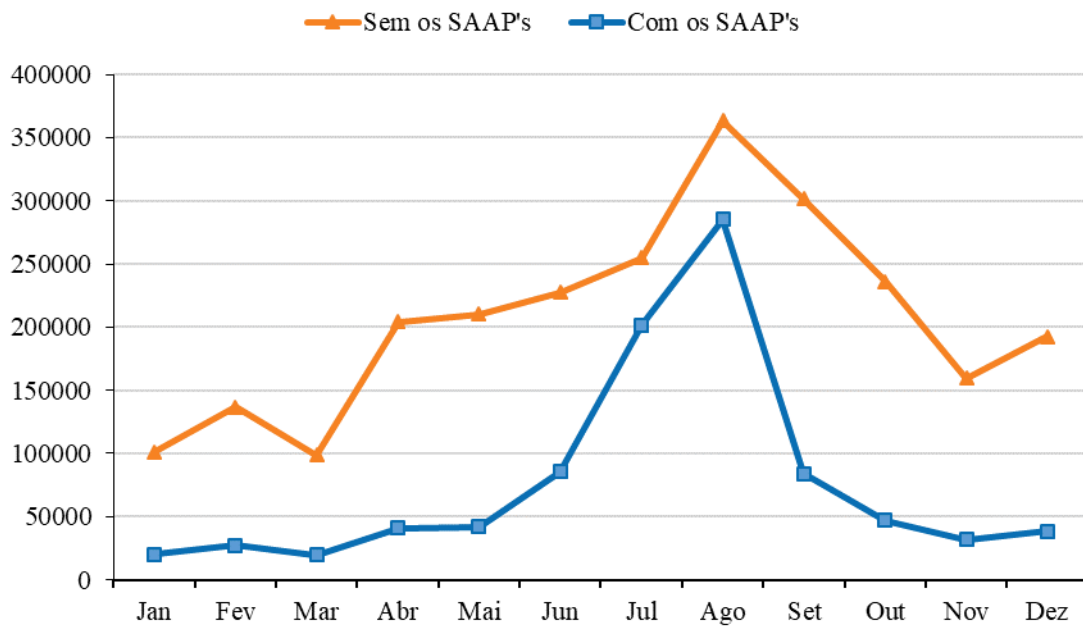
**Tabela 6.** Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios em estudo, sem e com a ativação dos SAAP's, e o total de água pluvial aproveitada anualmente

Meses	Sem os SAAP's	Com os SAAP's	Água poupada com a utilização dos sistemas
Jan	101.250,00	20.250,00	81.000,00
Fev	136.750,00	27.350,00	109.400,00
Mar	98.750,00	19.750,00	79.000,00
Abr	204.250,00	40.850,00	163.400,00
Mai	210.000,00	42.000,00	168.000,00
Jun	227.500,00	85.684,00	141.816,00
Jul	254.750,00	201.364,00	53.386,00
Ago	363.250,00	285.004,00	78.246,00
Set	301.500,00	83.860,00	217.640,00
Out	236.000,00	47.200,00	188.800,00
Nov	159.750,00	31.950,00	127.800,00
Dez	192.250,00	38.450,00	153.800,00
<b>TOTAL</b>	<b>2.486.000,00</b>	<b>923.712,00</b>	<b>1.562.288,00</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Os meses que possuem menor relação de água poupada são os do período de junho a setembro, caracterizados pela seca no DF, sendo o mês de julho o com menor potencial de aproveitamento mensal, suprimindo 20,96% da demanda de água para as edificações. Conforme análise individual, a capacidade de armazenamento dos sistemas permite que até mesmo no período de estiagem possa haver utilização de água pluvial para fins não potáveis dos edifícios, fazendo com que até nesse intervalo, o consumo de água com a ativação do sistema seja menor que o modelo atual (**Figura 12**).

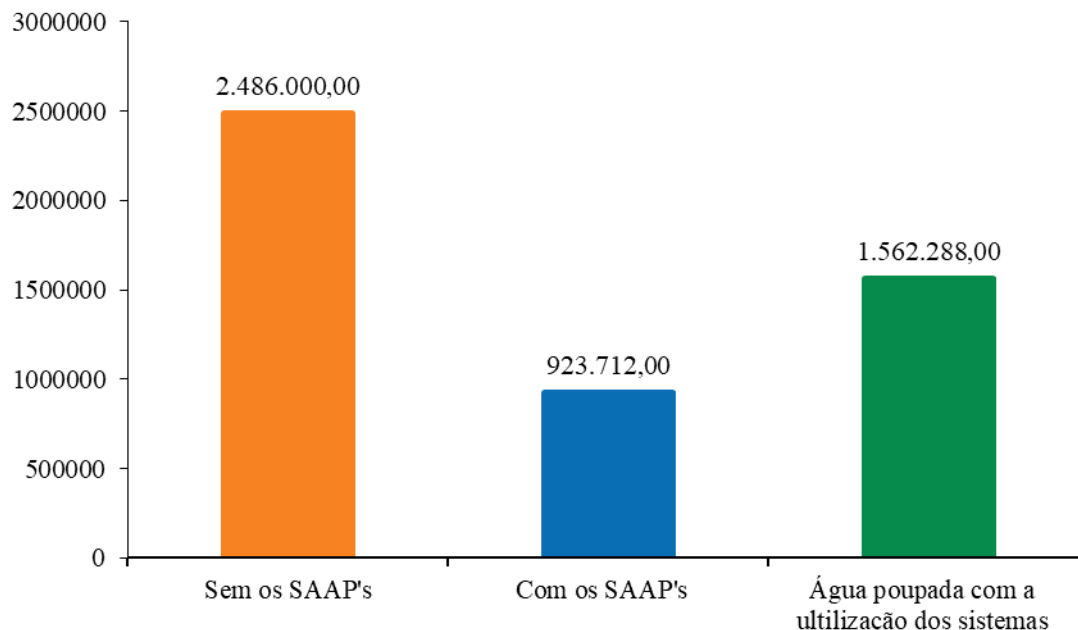
### Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios



**Figura 12.** Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios em estudo, sem e com a ativação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais (Fonte: Elaborado pelos autores).

Analogamente ao que foi apresentado para as edificações individualmente, o **Figura 13** demonstra a demanda atual de água em litros para os três edifícios, a demanda considerando um cenário com os sistemas ativos, e o total de água da CAESB poupada a partir de sua ativação.

**Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios**



**Figura 13.** Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios em estudo, sem e com a ativação dos SAAP's, e o total de água pluvial aproveitada anualmente (Fonte: Elaborado pelos autores).

Em litros, a economia de água gerada pela ativação dos SAAP's na UnB nos traz um valor mais apelativo. Suprimindo 62,84% da demanda de água atual dos edifícios, o valor aproximado de 1,6 milhão de litros que podem ser poupados anualmente é demasiadamente grande, principalmente quando o relacionamos com medidas de grandezas conhecidas. A quantidade de água poupada é suficiente para encher 781 vezes uma caixa d'água comum, com capacidade de 2 mil litros de armazenamento, ou 312 vezes um reservatório similar com capacidade de estoque de 5 mil litros. A quantidade poupada também pode abastecer anualmente 97 cisternas com capacidade de 16 mil litros de reserva de água, tamanho usual das cisternas construídas para o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), do atual Ministério da Cidadania. Segundo publicação da Articulação do Semiárido (ASA, 2001), o volume de armazenamento estipulado para as cisternas do P1MC possui capacidade de atender uma família de 5 pessoas para o uso primário da água (consumo humano), durante 8 meses em um ano.

Considerando um cenário onde 80% de toda a água demandada dos três prédios vai para as atividades não potáveis, a quantidade de água potável utilizada nesses fins é de 1.988 m<sup>3</sup>. Com a ativação dos SAAP's essa quantidade seria de 426 m<sup>3</sup> (**Tabela 7**).

**Tabela 7.** Quantidade média anual de litros de água tratada da concessionária utilizadas nas finalidades que não exigem esse grau de potabilidade, e o percentual de atendimento dos SAAP's nos fins não potáveis

Meses	Água potável utilizada para fins não potáveis sem a ativação do SAAP – 80%	Água pluvial utilizada para fins não potáveis com ativação do SAAP	Água potável utilizada para fins não potáveis após ativação do SAAP	Percentual de atendimento do SAAP nos fins não potáveis (%)
Jan	81,00	81,00	0	100
Fev	109,40	109,40	0	100
Mar	79,00	79,00	0	100
Abr	163,40	163,40	0	100
Mai	168,00	168,00	0	100
Jun	182,00	141,82	40,18	77,9
Jul	203,80	53,39	150,41	26,2
Ago	290,60	78,25	212,35	26,9
Set	241,20	217,64	23,56	90,2
Out	188,80	188,80	0	100
Nov	127,80	127,80	0	100
Dez	153,80	153,80	0	100
<b>TOTAL</b>	<b>1.988,80</b>	<b>1.562,29</b>	<b>426,51</b>	<b>78,5</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Com a ativação dos sistemas, a água pluvial captada e posteriormente aproveitada seria capaz de atender toda a demanda de água para fins não potáveis dos edifícios por 8 meses. Durante esses meses nenhuma quantidade de água potável seria utilizada nas finalidades que não exigem que essa água estivesse potável, isso por conta de a água pluvial substituir a água potável da concessionária.

Apenas em 4 meses (junho, julho, agosto e setembro) seriam necessária água potável nas finalidades não potáveis, esses meses são justamente o período de estiagem da região. No entanto, mesmo nesses meses ainda assim a quantidade de água potável utilizada em finalidades que não lhe convém seria menor, já que de acordo com a média histórica de precipitação, apesar de escassas, ainda há chuvas nesses meses, acarretando assim no aproveitamento dessa água pluvial.

## 4.2. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA

Para os custos de exploração, foram considerados o custo de operação anual, os custos para a manutenção preventiva do sistema e o custo de energia incremental anual gerado pela ativação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais da UNB. Os valores totais desses custos para o primeiro ano de operação foram definidos conforme descrito na metodologia do presente trabalho e podem ser conferidos na **Tabela 8**.

**Tabela 8.** Valor total estimado para os custos de exploração no 1º ano de operação dos SAAP's

Tipo	Valor
Custos de Operação	-R\$ 1.950,00
Custo de manutenção preventiva	-R\$ 2.322,71
Custo de energia	-R\$ 143,65
Custos Totais	-R\$ 4.416,36

**Fonte:** Elaborado pelos autores

A parcela de custo que representa o maior valor é a dos custos de manutenção preventiva, correspondendo à 44,15% do total de custos. A correção anual desses valores, pode ser observada no fluxo de caixa dos projetos, em anexo.

A **Tabela 9** apresenta os valores faturados para a conta de água e esgoto das três edificações considerando o cenário atual, com os sistemas de captação desativados, e um cenário hipotético, com a ativação dos sistemas. Também é mostrado o percentual de redução das faturas, comparando os dois cenários, e a diferença entre duas, representando o benefício gerado pela utilização dos SAAP's.

**Tabela 9.** Montante do valor em reais (R\$) da conta de água e esgoto para os três edifícios - Utilizando os valores médios de consumo de água no período de 2015 a 2018

Mês	Cenário atual - Valor da conta sem a utilização da água pluvial	Cenário hipotético - Valor da conta com a utilização da água pluvial	Percentual de redução	Diferença - Economia na conta de água e esgoto
Jan	R\$ 2.356,35	R\$ 1.132,47	51,94%	R\$ 1.223,88
Fev	R\$ 3.292,13	R\$ 1.693,94	48,55%	R\$ 1.598,19
Mar	R\$ 2.290,45	R\$ 1.092,93	52,28%	R\$ 1.197,52
Abr	R\$ 5.071,43	R\$ 2.761,52	45,55%	R\$ 2.309,91
Mai	R\$ 5.223,00	R\$ 2.852,46	45,39%	R\$ 2.370,54
Jun	R\$ 5.684,30	R\$ 3.658,87	35,63%	R\$ 2.025,43
Jul	R\$ 6.402,61	R\$ 5.542,68	13,43%	R\$ 859,93
Ago	R\$ 9.262,67	R\$ 8.075,09	12,82%	R\$ 1.187,58
Set	R\$ 7.634,94	R\$ 4.610,14	39,62%	R\$ 3.024,80
Out	R\$ 5.908,36	R\$ 3.263,68	44,76%	R\$ 2.644,68
Nov	R\$ 3.898,41	R\$ 2.057,71	47,22%	R\$ 1.840,70
Dez	R\$ 4.755,11	R\$ 2.571,73	45,92%	R\$ 2.183,38
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 61.779,76</b>	<b>R\$ 39.313,20</b>	<b>36,37%</b>	<b>R\$ 22.466,56</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Anualmente a fatura de água e esgotos atual, simulada para as três edificações considerando os valores médios de consumo de água em m<sup>3</sup> dos prédios é de R\$ 61.779,76, apresentando maior valor no mês de agosto, com R\$ 9.262,67. A partir da ativação dos sistemas, o valor anual da fatura seria de R\$ 39.313,20, representando um percentual de redução de 36,37%. Assim, o valor do benefício monetário anual, correspondente à diferença na conta de água e esgoto estimada para os dois cenários é de R\$ 22.466,56, valor utilizado para o primeiro ano no fluxo de caixa, contrapondo os custos do sistema. A correção anual do valor do benefício foi estabelecida pela porcentagem de reajuste do preço da água cobrado pela CAESB para o ano de 2019.

Analisando os a relação entre o benefício e os custos para o primeiro ano de operação verificamos que a vantagem monetária disponibilizada pela ativação do sistema é cinco vezes maior que o total dos custos. Essa relação evidencia que a busca pelo gerenciamento hídrico sustentável, traduzido pela ativação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais disponíveis em seu campus, não geraria custos adicionais à Universidade de Brasília. Após a aplicação da correção anual para os

valores de receita de despesa geradas pelos SAAP's, e utilizando a ferramenta de PayBack simples, constata-se que os sistemas pagariam o seu alto valor de investimento (R\$ 348.406,68) após 16 anos de operação.

Essa análise, porém, não considera o valor do dinheiro no tempo e assim, introduzindo a variável tempo no fluxo de caixa, corrigindo os valores de acordo com a taxa mínima de atratividade (TMA), estimada para o trabalho como a taxa SELIC atualmente vigente (5%), serão calculados o VPL do projeto em sua vida útil estabelecida e o PayBack descontado. Trazendo para o presente, ano de operação 0, e somando os valores do fluxo de caixa líquido estimados no período de 30 anos mais o valor do investimento, calculamos o valor do VPL para o projeto como equivalente a R\$ 20.053,38. A **Tabela 10** apresenta o resultado dos indicadores financeiros utilizados para avaliar os sistemas.

**Tabela 10.** Valores da TMA utilizada e o resultado dos indicadores adotados para o estudo, considerando a vida útil dos sistemas

Informações e indicadores	Valor
TMA (Taxa SELIC 11/2019)	5%
PayBack Simples (anos)	16
PayBack Descontado (anos)	28
VPL	R\$ 20.053,38

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Conforme Contador (1988) um projeto será viável se apresentar um VPL positivo, assim, considerando o tempo de vida útil adotado, os projetos de aproveitamento de águas da chuva implementado nas três edificações em estudo são exequíveis. Descontando a TMA para o cálculo do PayBack, obteremos o valor do PayBack descontado para os SAAP's, e nesse caso a soma dos fluxos de caixa livres anuais se igualam ao valor total desembolsado para o investimento em 28 anos de operação. Após a aplicação da taxa desconto no fluxo de caixa, os sistemas ainda se pagariam ao longo de sua vida útil, mesmo com alto valor do investimento dos sistemas.



### 4.3.SIMULAÇÃO COM UM RESERVATÓRIO DE 10 M<sup>3</sup>

Os sistemas atuais têm capacidade de aproveitar anualmente 1.562 m<sup>3</sup> de água pluvial para o total dos três edifícios. Com um reservatório com 1/6 do tamanho (10 m<sup>3</sup>), o volume de água pluvial com capacidade de aproveitamento seria de 1.412 m<sup>3</sup>, 10% a menos quando comparado ao reservatório já instalado. Independentemente do volume de reservação ser fracionado em 6 para o novo tamanho, a capacidade de aproveitamento não é proporcionalmente diminuída, isso se deve pela intensidade de precipitação no período chuvoso do DF. Conforme a água disponível no reservatório é aproveitada, a chuva prevista pela média história torna a enchê-lo, acarretando com que a diferença no tamanho do reservatório seja uma vantagem apenas no período de seca.

Por outro lado, a adoção de um menor reservatório também implica em menores custos de implementação. Realizando uma regra de três simples na parcela correspondente ao valor da fundação e estrutura, do total do valor de investimento, é encontrado o valor unitário aproximado de investimento para um reservatório de 10 m<sup>3</sup>. Para um reservatório de 60 m<sup>3</sup> o total do valor de investimento é de R\$ 116.135,56, para um com capacidade de 10m<sup>3</sup>, esse valor passa a ser de R\$ 68.246,92, uma redução de 41,23% do valor.

#### 4.3.1. ECONOMIA DE ÁGUA EM M<sup>3</sup>

O consumo de água médio anual dos três edifícios é de 2.486m<sup>3</sup> de água. Com a ativação dos SAAP's com reservatório de 10m<sup>3</sup>, esse consumo seria de 1.073 m<sup>3</sup>, gerando uma economia anual de 1.412 m<sup>3</sup> (56,81%) de água poupada (**Tabela 11**).

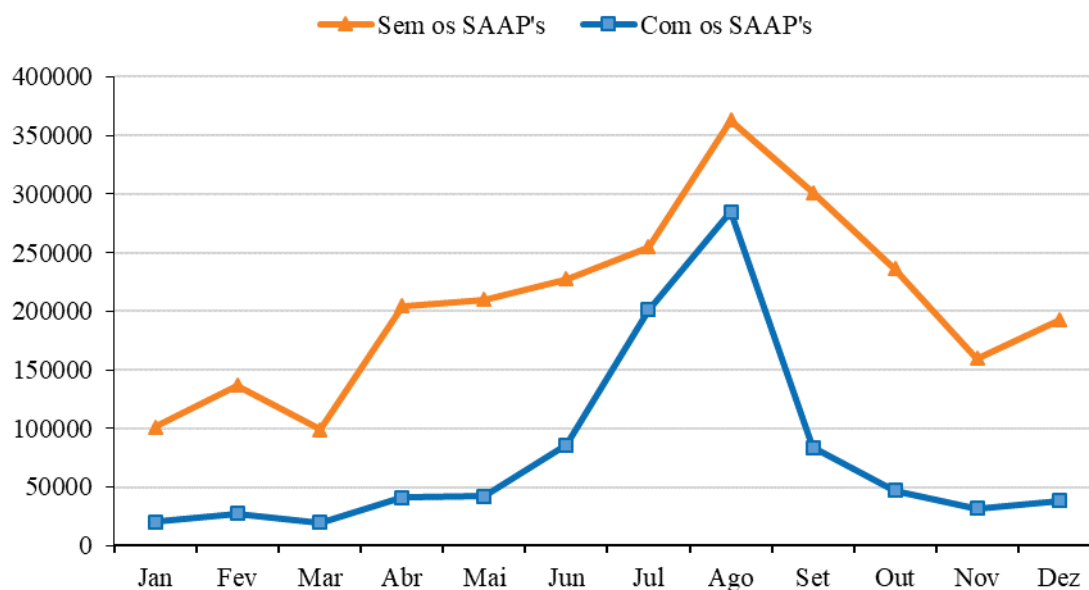
**Tabela 11.** Quantidade média anual de metros cúbicos de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios em estudo, sem e com a ativação dos SAAP's (10m<sup>3</sup>), e o total de água pluvial aproveitada anualmente

Meses	Sem utilizar o SAAP's	Utilizando o SAAP's	Água poupada com a utilização dos sistemas
Jan	101,21	20,25	81,00
Fev	136,75	27,35	109,40
Mar	98,75	19,75	79,00
Abr	204,25	40,85	163,40
Mai	210,00	67,10	142,90
Jun	227,50	179,56	47,95
Jul	254,75	232,39	22,36
Ago	363,25	285,00	78,25
Set	301,50	83,86	217,64
Out	236,00	47,20	188,80
Nov	159,75	31,95	127,80
Dez	192,25	38,45	153,80
<b>TOTAL</b>	<b>2.486,00</b>	<b>1.073,71</b>	<b>1.412,29</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

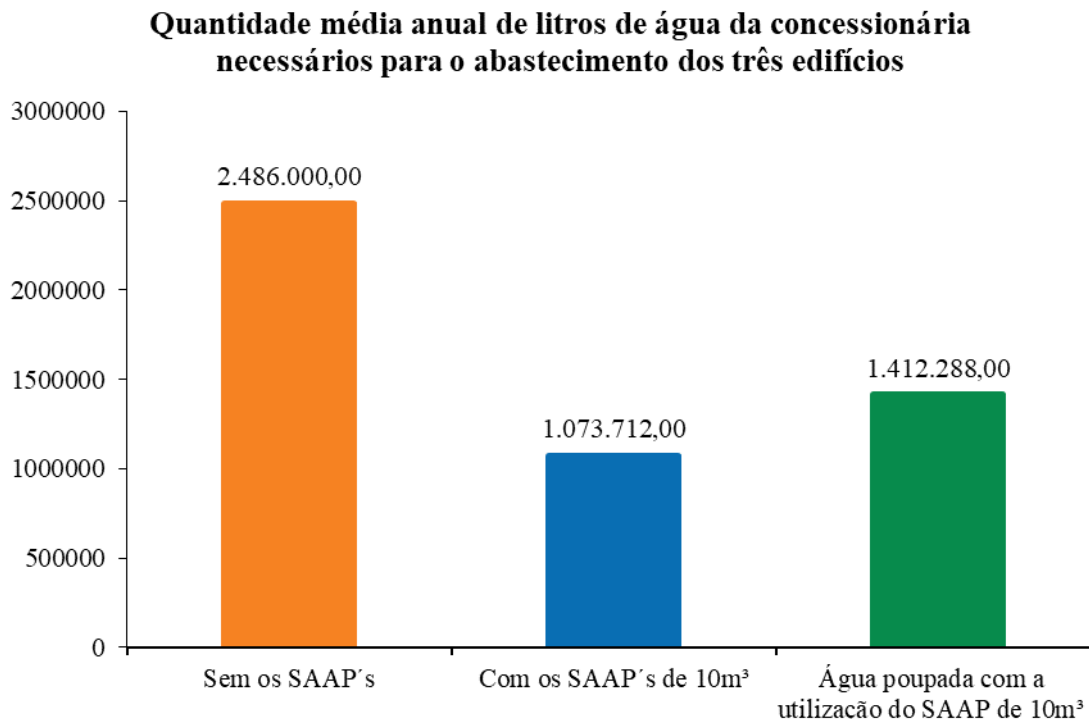
Os meses de maio a setembro são os que possuem menor relação de água poupada, justamente por esses meses serem caracterizados pelo período de estiagem do DF, sendo o mês de julho o com menor potencial de aproveitamento pluvial, suprimindo 8,78% da demanda de água para as edificações. A capacidade de armazenamento desse sistema permite que até mesmo no período de estiagem possa haver utilização de água pluvial para fins não potáveis dos edifícios, fazendo com que até nesse intervalo, o consumo de água com a ativação do sistema seja menor que o modelo atual (**Figura 14**).

**Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios - reservatório de 10 m<sup>3</sup>**



**Figura 14.** Quantidade média mensal de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios em estudo, sem e com a ativação dos SAAP's, para um reservatório de 10 m<sup>3</sup> (Fonte: Elaborado pelos autores).

Analogamente ao que foi apresentado com o reservatório de 60m<sup>3</sup>, a **figura 15** mostra a demanda atual de água em litros para os três edifícios, a demanda considerando um cenário com os sistemas de reservatório menor ativos, e o total de água da CAESB poupada a partir de sua ativação.



**Figura 15.** Quantidade média anual de litros de água da concessionária necessários para o abastecimento dos três edifícios em estudo, sem e com a ativação dos SAAP's, para um reservatório de 10 m<sup>3</sup> e o total de água pluvial aproveitada anualmente (Fonte: Elaborado pelos autores).

A ativação dos SAAP's com um reservatório menor permitiria que 56,81% da demanda de água atual dos edifícios fosse suprida. Em litros, essa economia de água seria de aproximadamente 1,4 milhão de litros. A quantidade de água poupada é suficiente para encher 706 vezes uma caixa d'água comum, com capacidade de 2 mil litros de armazenamento, ou 282 vezes um reservatório similar com capacidade de estoque de 5 mil litros. A quantidade poupada também pode abastecer anualmente 88 cisternas com capacidade de 16 mil litros (cisterna comum do P1MC).

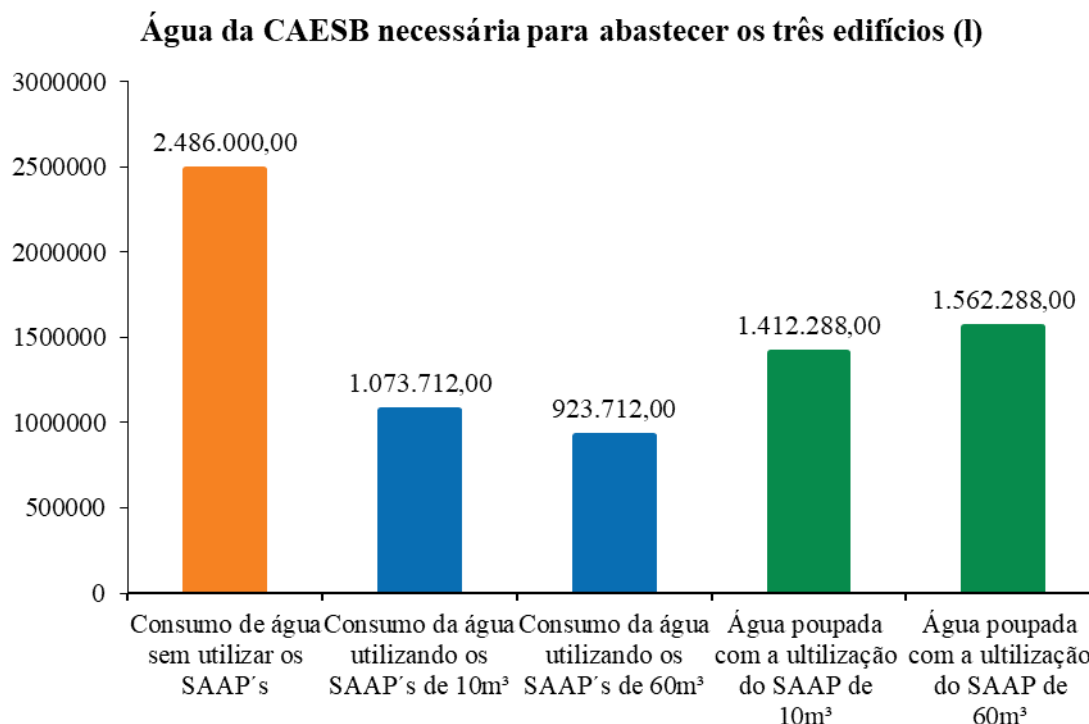
Considerando um cenário onde 80% de toda a água demandada dos três prédios vai para as atividades não potáveis, a quantidade de água potável utilizada nesses fins é de 1.988 m<sup>3</sup>. Com a ativação dos SAAP's de menor reservatório essa quantidade seria de 576 m<sup>3</sup> (**Tabela 12**).

**Tabela 12.** Quantidade média anual de litros de água tratada da concessionária utilizadas nas finalidades que não exigem esse grau de potabilidade, e o percentual de atendimento dos SAAP's nos fins não potáveis

Meses	Água potável utilizada para fins não potáveis sem a ativação do SAAP – 80%	Água pluvial utilizada para fins não potáveis com ativação do SAAP	Água potável utilizada para fins não potáveis após ativação do SAAP	Percentual de atendimento do SAAP nos fins não potáveis (%)
Jan	81,00	81,00	0	100
Fev	109,40	109,40	0	100
Mar	79,00	79,00	0	100
Abr	163,40	163,40	0	100
Mai	168,00	142,90	25,10	85
Jun	182,00	47,95	134,06	26,3
Jul	203,80	22,36	181,44	10,9
Ago	290,60	78,25	212,35	26,9
Set	241,20	217,64	23,56	90,2
Out	188,80	188,80	0	100
Nov	127,80	127,80	0	100
Dez	153,80	153,80	0	100
<b>TOTAL</b>	<b>1.988,80</b>	<b>1.412,29</b>	<b>576,51</b>	<b>71</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Com a ativação dos sistemas, a água pluvial captada e posteriormente aproveitada seria capaz de atender toda a demanda de água para fins não potáveis dos edifícios por 7 meses. Apenas em 5 meses (maio, junho, julho, agosto e setembro) seriam necessária água potável nas finalidades não potáveis, esses meses são justamente o período de estiagem da região. No entanto, mesmo nesses meses ainda assim a quantidade de água potável utilizada em finalidades que não lhe convém seria menor, pois como já foi observado, de acordo com a média histórica de precipitação, apesar de escassas, ainda há chuvas nesses meses, acarretando assim no aproveitamento dessa água pluvial.



**Figura 16.** Comparação entre os dois reservatórios de SAAP's (Fonte: Elaborado pelos autores).

Ao comparar os SAAP's com reservatórios já construídos de 60 m<sup>3</sup> e o provável sistema com um reservatório menor de 10 m<sup>3</sup> (**Figura 16**), nota-se que a diferença entre eles, em termos de economia de água é pequena. A economia de água utilizando os SAAP's com reservatórios menores, seria de 1.412.288 litros, 10% a menos quando comparado ao reservatório já instalado.

### 4.3.2. ANÁLISE FINANCEIRA

A escolha de um reservatório com menor capacidade alteraria o a análise financeira realizada ao reservatório de 60 m<sup>3</sup>. O investimento inicial para os projetos (considerando os três edifícios) com um reservatório de 10m<sup>3</sup> seria de R\$ 204.740,76, representando uma redução de 41,23% quando comparado ao valor de instauração dos de 60 m<sup>3</sup>. Os custos anuais de manutenção preventiva e de energia incremental também foram reduzidos, de R\$ 2.322,71 para R\$ 1.364,94, para a manutenção preventiva e de R\$ 143,65 para R\$ 129,94 para o gasto a mais em energia (**Tabela 13**).

**Tabela 13.** Valor total estimado para os custos de exploração no 1º ano de operação dos SAAP's

Tipo	Valor
Custos de Operação	-R\$ 1.950,00
Custo de manutenção preventiva	-R\$ 1.364,94
Custo de energia	-R\$ 129,94
<b>Custos Totais</b>	<b>-R\$ 3.444,79</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

A redução do volume de água capaz de ser aproveitada anualmente, causada pela diminuição do reservatório, acarretaria em uma redução no valor estimado para o benefício financeiro anual. O valor do benefício sofreria uma retração de 8%, de R\$ 22.466,56 para R\$ 20.489,56, considerando os volumes de armazenamento como 60 m<sup>3</sup> e 10 m<sup>3</sup>, respectivamente (**Tabela 14**).

**Tabela 14.** Montante do valor em reais (R\$) da conta de água e esgoto para os três edifícios - Utilizando os valores médios de consumo de água no período de 2015 a 2018

Mês	Cenário atual - SAAP's desativados	Cenário hipotético - SAAP's ativados	Percentual de redução	Diferença - Economia na conta de água e esgoto
Jan	R\$ 2.356,35	R\$ 1.132,47	51,94%	R\$ 1.223,88
Fev	R\$ 3.292,13	R\$ 1.693,94	48,55%	R\$ 1.598,19
Mar	R\$ 2.290,45	R\$ 1.092,93	52,28%	R\$ 1.197,52
Abr	R\$ 5.071,43	R\$ 2.761,52	45,55%	R\$ 2.309,91
Mai	R\$ 5.223,00	R\$ 3.183,26	39,05%	R\$ 2.039,74
Jun	R\$ 5.684,30	R\$ 4.896,08	13,87%	R\$ 788,22
Jul	R\$ 6.402,61	R\$ 5.951,66	7,04%	R\$ 450,95
Ago	R\$ 9.262,67	R\$ 8.075,09	12,82%	R\$ 1.187,58
Set	R\$ 7.634,94	R\$ 4.610,14	39,62%	R\$ 3.024,80
Out	R\$ 5.908,36	R\$ 3.263,68	44,76%	R\$ 2.644,68
Nov	R\$ 3.898,41	R\$ 2.057,71	47,22%	R\$ 1.840,70
Dez	R\$ 4.755,11	R\$ 2.571,73	45,92%	R\$ 2.183,38
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 61.779,76</b>	<b>R\$ 41.290,20</b>	<b>33,17%</b>	<b>R\$ 20.489,56</b>

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Com a relação dos custos e benefícios, estabelecidos em um fluxo de caixa, pode-se calcular os indicadores de investimento. Com um reservatório de 10 m<sup>3</sup> o sistema se pagaria em 11 anos, utilizando o PayBack simples, 5 anos a menos que em um reservatório de 60 m<sup>3</sup>. Os indicadores financeiros, calculados a uma taxa de retorno de 5%, também apresentaram modificações. Utilizando o PayBack descontado, para a contabilização da variação do valor do dinheiro no tempo, o excedente positivo da relação custo-benefício pagaria o total do valor de investimento (para os três sistemas) em 15 anos, 13 anos a menos quando comparado ao reservatório de 60 m<sup>3</sup>. O VPL para os novos projetos resultou em um valor 84% maior quando comparado ao reservatório já instalado, com um valor total de R\$ 151.466,81 (**Tabela 15**).

**Tabela 15.** Valores da TMA utilizada e o resultado dos indicadores adotados para o estudo, considerando a vida útil dos sistemas

Informações e indicadores	Valor
TMA (Taxa SELIC 11/2019)	5%
Payback Simples (anos)	11
Payback Descontado (anos)	15
VPL	R\$ 151.466,81

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Financeiramente, o reservatório com capacidade de armazenamento de 10 m<sup>3</sup> é mais atrativo que o tamanho já adotado. Diante da implementação de um novo SAAP, a ser instaurado em edifícios com as mesmas características que os estudados neste trabalho, o volume do reservatório escolhido deverá ser o de 10 m<sup>3</sup>, quando comparado ao tamanho usual de 60 m<sup>3</sup>, já que seu VPL é maior, e possui um menor tempo de PayBack



## 5. CONCLUSÃO

Se os sistemas que aproveitam água da chuva construídos nos três edifícios da Universidade estivessem em funcionamento, cerca de 62,84% da demanda atual de água dos edifícios seria suprida, gerando uma economia anual de 1,6 milhão de litros de água potável.

Realizando a análise de custo e benefício para verificar a viabilidade financeira dos sistemas, constatou-se que os projetos de aproveitamento de águas pluviais implementados nas três edificações em estudo são exequíveis, com valor presente líquido positivo, mesmo com o alto custo desembolsado para a sua implementação. Os sistemas ainda pagariam o valor investido ao longo de sua vida útil, após 28 anos de operação, verificando que a busca pelo gerenciamento hídrico sustentável, traduzido pela ativação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais disponíveis em seu campus, não geraria custos adicionais à Universidade de Brasília. Analisando os resultados encontrados neste trabalho, nota-se que os SAAP's instaurados no Campus Darcy Ribeiro demonstraram um grande potencial físico e monetário, injustificado assim a sua inutilização por parte da UnB. Almeja-se o uso desse estudo em possíveis tomadas de decisões da Universidade a respeito da ativação dos sistemas, como parte de uma estratégia voltada para a conservação da água.

Os sistemas foram inaugurados e testados uma única vez em 2014, depois não foram mais utilizados. Quando se multiplica o tempo em que os SAAP's estão sem operar (2015-2018), com a economia anual de água potável produzida, caso os sistemas estivessem em operação, aproximadamente 6,4 milhões de litros de água potável deixaram de ser poupadas. Em termos monetário, percebe que nesse mesmo período a Universidade gastou nas suas contas de água e esgoto para os três edifícios um valor de 247 mil, aproveitando a água pluvial provinda dos SAAP's ativados, esse valor cairia para 157 mil, já que a água pluvial substituiria a água tratada da CAESB em algumas finalidades, acarretando em uma economia de 90 mil para a Universidade de Brasília.

Atualmente os SAAP's estão inativos, no entanto, quando chove o sistema capta e armazena a água pluvial no seu reservatório, acumulando na maior parte do ano e tendo seus excedentes destinados à drenagem urbana. O confinamento da água

pluvial no reservatório, atrelado a uma falta de institucionalização para manutenção periódica, pode torná-lo um ponto de possível proliferação de dengue.

Para possíveis implementações de SAAP's em outros edifícios da Universidade, recomenda-se um volume de reservatório menor, de 10 m<sup>3</sup>. Financeiramente, o reservatório com capacidade de armazenamento de 10 m<sup>3</sup> é mais atrativo que o tamanho já adotado, já que seu VPL é maior, e possui um menor tempo de PayBack. Já o potencial de aproveitamento de água não variou muito para os dois modelos, com apenas 10% a menos de água aproveitada, para um custo de investimento de 41% menor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol, 2005. 152 p.

ALVES, R. V. **Uso eficiente da água em edificações: tecnologia, certificação, incentivos económicos**. 2010. 183 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. **Programa Um Milhão de Cisternas para as Famílias no Semi Árido. P1MC — PROJETO DE TRANSIÇÃO**. Recife, jun. 2001. (mimeo)

CAMPOS, V. B.; DOS SANTOS, A. G.; DA SILVA, L. J. R. **Avaliação do potencial de captação de águas pluviais em Instituição Técnica e Tecnológica do semiárido paraibano**.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. **Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, v. 9, 2008.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Atlas, 1988.

COSCARELLI, A. P. F. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma atividade industrial: estudo de caso de uma edificação a ser construída**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010, 159 pp.

COSTA, H. D. C., MARCUZZO, F. F. N., FERREIRA, O. M., & ANDRADE, L. R. (2012). **Espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do estado de Goiás e Distrito Federal**.

DA CRUZ BEZERRA, Stella Maris et al. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527/2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR.** Ambiente Construído, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

DANIEL GUEDES DOS SANTOS MARTINS. **Uso eficiente da água nos edifícios.** Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

DA SILVA, A et al. **Análise de viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma Instituição de Ensino Federal em Pernambuco.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 1, p. 78-98, 2019.

de Amorim, S. V., & de Andrade Pereira, D. J. (2008). **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Ambiente Construído, 8(2), 53-66.

DO NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L.; YOSHINO, G. H. **Potencial de aproveitamento de água de chuva na Universidade Federal do Pará-Belém/PA.** Revista Monografias Ambientais, v. 15, n. 1, p. 105-116, 2016.

Dornelles, F., Tassi, R., & Goldenfum, J. A. (2010). **Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 15(2), 59-68.

FERNANDES, D. R. M.; MEDEIROS NETO, V. B.; MATTOS, K. M da C. **Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

FEWKES, A. **The technology, design and utility of rainwater catchment systems.** In: D. BUTLER e F.A. MEMON (Ed.). Water demand management. London: IWA

Publishing, 2006. The technology, design and utility of rainwater catchment systems, p.27-61

GHISI, E.; COLASIO, B. M.; GERALDI, M.; TESTON, A. **Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. Proceedings**, v. 186, n. 2, pg 1-20, 2018

GNADLINGER, J. **Captação e manejo de água de chuva e desenvolvimento sustentável do Semi-Arido Brasileiro-Uma visão integrada**. IV Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro, Juazeiro–BA, Brazil, 2003.

GOMES, U. A. F., Domènech, L., Pena, J. L., Heller, L., & Palmier, L. R. **A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 19(1), 7-16, 2014.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation**. London: ITDG Publishing 1999

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso [dissertation]**. Santa Maria: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFSM, 2009.

HELMREICH, B.; HORN, H. **Opportunities in Rainwater Harvesting. Desalination**, v. 248, n. 1/2, p. 118-124, 2009.

JÚNIOR, G. B. A.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. **Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, abr./jun. 2008.

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6 n.1, p. 75-90, 2006.

KOIDE, S.; TEIXEIRA, C. C.; SOUZA, A. L. A. de C. **O consumo de água na Universidade de Brasília**. In: CATALÃO, Vera Margarida Lessa; LAYRARGUES,

Philippe Pomier; ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar. (Org.). *Universidade para o século XXI: educação e gestão ambiental na Universidade de Brasília*. Brasília: Cidade Gráfica e Editora, 2011. p. 243- 254.

LASSEN, L. C.; RAMOS, R. F.; ARENAS, M. V. dos S. **Economia orçamentária e financeira gerada com a captação de águas pluviais no campus da fundação Universidade Federal de Rondônia (unir)**. 2018.

LYE, D. J. **Rooftop runoff as a source of contamination: a review**. USEPA. *Science of the Total Environment*, v. 407, n. 21, p. 5429–5434, USA. 2009.

MALVEZZI, R. **A Crise da água como uma dimensão da crise civilizacional**. p. 51-60 Capítulo do livro: *Para além do desenvolvimento: construir novos horizontes utópicos*, organizadores Ivo Ispaudin e Evanildo Barbosa da Silva, 2018

MATOS, C. R.; LOPES, T. P. **Consumo de água no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília – Estudo de medidas para redução de perdas**. Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 2016.

MEDEIROS M. C.; ATHAYDE JÚNIOR G. B.; DINIZ MORAIS DE LUNA, Y. H. **Proposição De Sistema De Aproveitamento De Água De Chuva Para Uma Instituição De Ensino Na Região Nordeste Do Brasil: Estudo Da Viabilidade Econômica**. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, v. 7, n. 3, p. 259-271.

NAÇÕES UNIDAS: **1,2 bilhão de pessoas ainda vivem sem eletricidade e 663 milhões sem água potável, alerta ONU 2016**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/banco-mundial-12-bilhao-de-pessoas-ainda-vivem-sem-eletricidade-e-663-milhoes-sem-agua-potavel/>>. Acesso em: 24 de novembro de 2019.

RUPP, R. F., MUNARIM, U., GHISI, E., & CONSTRUÍDO, A. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. CEP, 88040, 900, 2011.

SABESP. **Estudo de casos em São Paulo**. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em: 20 de maio 2003.

SAMPAIO, F. V. **Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM 154/2013 Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 165p.2013.

SANT'ANA, D. N.; MEDEIROS, L. B. P.; ALVARES, K. C. F. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas em Edificações**. 2017.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ, L. A. **Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: estudos de caso**. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1.; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10., São Paulo, 2004. Anais... São Paulo: Entac, 2004.

STEINKE, E. T., & STEINKE, V. A. (2000). **Fatores determinantes do período de seca no Distrito Federal**. Boletim Gaúcho de Geografia, 26(1).

TUNDISI, J.G. **Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos. Avanços conceituais e metodológicos**. Ciência e Ambiente 21. 9-20 pp. 2001.

WARD, R.C.; ROBINSON, M. **Principles of Hydrology, 3rd edition**. 1990. McGraw-Hill Book Company, Londres, 365p.

WWID/WORLD WIDE INFLATION DATA. **Inflação histórica Brasil – IPC**. 2019. Disponível em: <<https://pt.inflation.eu/taxas-de-inflacao/brasil/inflacao-historica/ipc-inflacao-brasil.aspx>>. Acesso em: 02 de Dezembro de 2019.

## 7. ANEXO 1

**Tabela 16.** Fluxo de caixa dos projetos de aproveitamento de águas pluviais dos edifícios em estudo, para um período de 30 de funcionamento

Ano	Investimento	Benefício monetário	Custos Totais	Custos de Operação	Custo de manutenção	Custo de energia	Fluxo de Caixa Livre	Fluxo de Caixa Livre Acumulado	Valor presente Anual	Fluxo de Caixa Livre Acumulado(VPL)
0	-R\$ 348.406,68						-R\$ 348.406,68	-R\$ 348.406,68	-	-R\$ 348.406,68
1		R\$ 22.466,56	-R\$ 4.416,36	-R\$ 1.950,00	-R\$ 2.322,71	-R\$ 143,65	R\$ 18.050,20	-R\$ 330.356,48	R\$ 17.190,66	-R\$ 331.216,02
2		R\$ 23.241,65	-R\$ 4.697,62	-R\$ 2.073,83	-R\$ 2.470,20	-R\$ 153,59	R\$ 18.544,04	-R\$ 311.812,45	R\$ 16.819,99	-R\$ 314.396,03
3		R\$ 24.043,49	-R\$ 4.996,79	-R\$ 2.205,51	-R\$ 2.627,06	-R\$ 164,22	R\$ 19.046,70	-R\$ 292.765,75	R\$ 16.453,25	-R\$ 297.942,77
4		R\$ 24.872,99	-R\$ 5.315,02	-R\$ 2.345,56	-R\$ 2.793,88	-R\$ 175,58	R\$ 19.557,97	-R\$ 273.207,78	R\$ 16.090,39	-R\$ 281.852,39
5		R\$ 25.731,11	-R\$ 5.653,53	-R\$ 2.494,51	-R\$ 2.971,29	-R\$ 187,73	R\$ 20.077,58	-R\$ 253.130,20	R\$ 15.731,31	-R\$ 266.121,08
6		R\$ 26.618,83	-R\$ 6.013,60	-R\$ 2.652,91	-R\$ 3.159,97	-R\$ 200,72	R\$ 20.605,23	-R\$ 232.524,97	R\$ 15.375,94	-R\$ 250.745,13
7		R\$ 27.537,18	-R\$ 6.396,60	-R\$ 2.821,37	-R\$ 3.360,63	-R\$ 214,61	R\$ 21.140,58	-R\$ 211.384,39	R\$ 15.024,21	-R\$ 235.720,92
8		R\$ 28.487,21	-R\$ 6.804,01	-R\$ 3.000,52	-R\$ 3.574,03	-R\$ 229,46	R\$ 21.683,20	-R\$ 189.701,19	R\$ 14.676,04	-R\$ 221.044,88
9		R\$ 29.470,02	-R\$ 7.237,37	-R\$ 3.191,06	-R\$ 3.800,98	-R\$ 245,34	R\$ 22.232,65	-R\$ 167.468,54	R\$ 14.331,36	-R\$ 206.713,51
10		R\$ 30.486,74	-R\$ 7.698,35	-R\$ 3.393,69	-R\$ 4.042,34	-R\$ 262,32	R\$ 22.788,39	-R\$ 144.680,15	R\$ 13.990,10	-R\$ 192.723,42
11		R\$ 31.538,53	-R\$ 8.188,69	-R\$ 3.609,19	-R\$ 4.299,03	-R\$ 280,47	R\$ 23.349,84	-R\$ 121.330,30	R\$ 13.652,17	-R\$ 179.071,25
12		R\$ 32.626,61	-R\$ 8.710,27	-R\$ 3.838,37	-R\$ 4.572,02	-R\$ 299,88	R\$ 23.916,34	-R\$ 97.413,96	R\$ 13.317,51	-R\$ 165.753,73
13		R\$ 33.752,23	-R\$ 9.265,08	-R\$ 4.082,11	-R\$ 4.862,34	-R\$ 320,63	R\$ 24.487,15	-R\$ 72.926,81	R\$ 12.986,06	-R\$ 152.767,67
14		R\$ 34.916,68	-R\$ 9.855,24	-R\$ 4.341,32	-R\$ 5.171,10	-R\$ 342,82	R\$ 25.061,44	-R\$ 47.865,37	R\$ 12.657,73	-R\$ 140.109,94
15		R\$ 36.121,30	-R\$ 10.483,00	-R\$ 4.617,00	-R\$ 5.499,46	-R\$ 366,54	R\$ 25.638,31	-R\$ 22.227,06	R\$ 12.332,46	-R\$ 127.777,48
16		R\$ 37.367,49	-R\$ 11.150,76	-R\$ 4.910,18	-R\$ 5.848,68	-R\$ 391,91	R\$ 26.216,73	R\$ 3.989,67	R\$ 12.010,19	-R\$ 115.767,29
17		R\$ 38.656,67	-R\$ 11.861,07	-R\$ 5.221,97	-R\$ 6.220,07	-R\$ 419,03	R\$ 26.795,60	R\$ 30.785,27	R\$ 11.690,83	-R\$ 104.076,46
18		R\$ 39.990,32	-R\$ 12.616,63	-R\$ 5.553,57	-R\$ 6.615,04	-R\$ 448,02	R\$ 27.373,69	R\$ 58.158,97	R\$ 11.374,33	-R\$ 92.702,12
19		R\$ 41.369,99	-R\$ 13.420,34	-R\$ 5.906,22	-R\$ 7.035,10	-R\$ 479,03	R\$ 27.949,65	R\$ 86.108,61	R\$ 11.060,62	-R\$ 81.641,50
20		R\$ 42.797,25	-R\$ 14.275,26	-R\$ 6.281,26	-R\$ 7.481,83	-R\$ 512,17	R\$ 28.521,99	R\$ 114.630,60	R\$ 10.749,64	-R\$ 70.891,86



---

21	R\$ 44.273,76	-R\$ 15.184,66	-R\$ 6.680,12	-R\$ 7.956,92	-R\$ 547,62	R\$ 29.089,10	R\$ 143.719,70	R\$ 10.441,31	-R\$ 60.450,55
22	R\$ 45.801,20	-R\$ 16.152,01	-R\$ 7.104,31	-R\$ 8.462,19	-R\$ 585,51	R\$ 29.649,19	R\$ 173.368,90	R\$ 10.135,57	-R\$ 50.314,98
23	R\$ 47.381,35	-R\$ 17.181,00	-R\$ 7.555,44	-R\$ 8.999,54	-R\$ 626,03	R\$ 30.200,35	R\$ 203.569,24	R\$ 9.832,37	-R\$ 40.482,61
24	R\$ 49.016,00	-R\$ 18.275,56	-R\$ 8.035,21	-R\$ 9.571,01	-R\$ 669,35	R\$ 30.740,44	R\$ 234.309,68	R\$ 9.531,62	-R\$ 30.950,99
25	R\$ 50.707,05	-R\$ 19.439,87	-R\$ 8.545,44	-R\$ 10.178,76	-R\$ 715,67	R\$ 31.267,18	R\$ 265.576,86	R\$ 9.233,28	-R\$ 21.717,70
26	R\$ 52.456,45	-R\$ 20.678,39	-R\$ 9.088,08	-R\$ 10.825,12	-R\$ 765,19	R\$ 31.778,06	R\$ 297.354,92	R\$ 8.937,29	-R\$ 12.780,42
27	R\$ 54.266,19	-R\$ 21.995,83	-R\$ 9.665,17	-R\$ 11.512,51	-R\$ 818,15	R\$ 32.270,37	R\$ 329.625,29	R\$ 8.643,56	-R\$ 4.136,85
28	R\$ 56.138,38	-R\$ 23.397,22	-R\$ 10.278,91	-R\$ 12.243,56	-R\$ 874,76	R\$ 32.741,15	R\$ 362.366,45	R\$ 8.352,06	R\$ 4.215,21
29	R\$ 58.075,15	-R\$ 24.887,93	-R\$ 10.931,62	-R\$ 13.021,02	-R\$ 935,29	R\$ 33.187,22	R\$ 395.553,66	R\$ 8.062,71	R\$ 12.277,92
30	R\$ 60.078,75	-R\$ 26.473,65	-R\$ 11.625,78	-R\$ 13.847,86	-R\$ 1.000,02	R\$ 33.605,10	R\$ 429.158,76	R\$ 7.775,46	R\$ 20.053,38

---

**Tabela 17.** Fluxo de caixa dos projetos de aproveitamento de águas pluviais considerando um reservatório de 10 m<sup>3</sup>, para um período de 30 de funcionamento

Ano de referência	Investimento	Benefício monetário	Custos Totais	Custos de Operação	Custo de manutenção preventiva	Custo de energia	Fluxo de Caixa Livre	Fluxo de Caixa Livre Acumulado	VPL Anual	Fluxo de Caixa Livre Acumulado(VPL)
0	-R\$ 204.740,76						-R\$ 204.740,76	-R\$ 204.740,76	-	-R\$ 204.740,76
1		R\$ 20.489,56	-R\$ 3.444,79	-R\$ 1.950,00	-R\$ 1.364,94	-R\$ 129,86	R\$ 17.044,76	-R\$ 187.695,99	R\$ 16.233,11	-R\$ 188.507,65
2		R\$ 21.196,45	-R\$ 3.664,28	-R\$ 2.073,83	-R\$ 1.451,61	-R\$ 138,84	R\$ 17.532,17	-R\$ 170.163,83	R\$ 15.902,19	-R\$ 172.605,46
3		R\$ 21.927,72	-R\$ 3.897,75	-R\$ 2.205,51	-R\$ 1.543,79	-R\$ 148,45	R\$ 18.029,97	-R\$ 152.133,85	R\$ 15.574,97	-R\$ 157.030,49
4		R\$ 22.684,23	-R\$ 4.146,10	-R\$ 2.345,56	-R\$ 1.641,82	-R\$ 158,72	R\$ 18.538,12	-R\$ 133.595,73	R\$ 15.251,36	-R\$ 141.779,13
5		R\$ 23.466,84	-R\$ 4.410,29	-R\$ 2.494,51	-R\$ 1.746,08	-R\$ 169,71	R\$ 19.056,55	-R\$ 114.539,18	R\$ 14.931,30	-R\$ 126.847,82
6		R\$ 24.276,44	-R\$ 4.691,31	-R\$ 2.652,91	-R\$ 1.856,95	-R\$ 181,45	R\$ 19.585,13	-R\$ 94.954,05	R\$ 14.614,73	-R\$ 112.233,10
7		R\$ 25.113,98	-R\$ 4.990,24	-R\$ 2.821,37	-R\$ 1.974,87	-R\$ 194,01	R\$ 20.123,74	-R\$ 74.830,31	R\$ 14.301,57	-R\$ 97.931,53
8		R\$ 25.980,41	-R\$ 5.308,23	-R\$ 3.000,52	-R\$ 2.100,27	-R\$ 207,43	R\$ 20.672,18	-R\$ 54.158,12	R\$ 13.991,75	-R\$ 83.939,78
9		R\$ 26.876,73	-R\$ 5.646,48	-R\$ 3.191,06	-R\$ 2.233,64	-R\$ 221,78	R\$ 21.230,25	-R\$ 32.927,87	R\$ 13.685,21	-R\$ 70.254,57
10		R\$ 27.803,98	-R\$ 6.006,30	-R\$ 3.393,69	-R\$ 2.375,48	-R\$ 237,13	R\$ 21.797,69	-R\$ 11.130,19	R\$ 13.381,89	-R\$ 56.872,68
11		R\$ 28.763,22	-R\$ 6.389,05	-R\$ 3.609,19	-R\$ 2.526,32	-R\$ 253,54	R\$ 22.374,17	R\$ 11.243,99	R\$ 13.081,71	-R\$ 43.790,97
12		R\$ 29.755,55	-R\$ 6.796,20	-R\$ 3.838,37	-R\$ 2.686,74	-R\$ 271,09	R\$ 22.959,35	R\$ 34.203,34	R\$ 12.784,63	-R\$ 31.006,34
13		R\$ 30.782,12	-R\$ 7.229,30	-R\$ 4.082,11	-R\$ 2.857,35	-R\$ 289,85	R\$ 23.552,82	R\$ 57.756,15	R\$ 12.490,56	-R\$ 18.515,78
14		R\$ 31.844,10	-R\$ 7.690,01	-R\$ 4.341,32	-R\$ 3.038,79	-R\$ 309,90	R\$ 24.154,09	R\$ 81.910,24	R\$ 12.199,45	-R\$ 6.316,33
15		R\$ 32.942,72	-R\$ 8.180,10	-R\$ 4.617,00	-R\$ 3.231,75	-R\$ 331,35	R\$ 24.762,63	R\$ 106.672,87	R\$ 11.911,25	R\$ 5.594,92
16		R\$ 34.079,25	-R\$ 8.701,42	-R\$ 4.910,18	-R\$ 3.436,97	-R\$ 354,28	R\$ 25.377,82	R\$ 132.050,69	R\$ 11.625,87	R\$ 17.220,79
17		R\$ 35.254,98	-R\$ 9.255,98	-R\$ 5.221,97	-R\$ 3.655,22	-R\$ 378,79	R\$ 25.999,00	R\$ 158.049,69	R\$ 11.343,28	R\$ 28.564,07
18		R\$ 36.471,28	-R\$ 9.845,89	-R\$ 5.553,57	-R\$ 3.887,32	-R\$ 405,01	R\$ 26.625,38	R\$ 184.675,07	R\$ 11.063,40	R\$ 39.627,47
19		R\$ 37.729,54	-R\$ 10.473,42	-R\$ 5.906,22	-R\$ 4.134,17	-R\$ 433,03	R\$ 27.256,12	R\$ 211.931,19	R\$ 10.786,17	R\$ 50.413,64
20		R\$ 39.031,20	-R\$ 11.140,95	-R\$ 6.281,26	-R\$ 4.396,69	-R\$ 463,00	R\$ 27.890,26	R\$ 239.821,44	R\$ 10.511,54	R\$ 60.925,18
21		R\$ 40.377,78	-R\$ 11.851,04	-R\$ 6.680,12	-R\$ 4.675,88	-R\$ 495,04	R\$ 28.526,74	R\$ 268.348,19	R\$ 10.239,46	R\$ 71.164,64
22		R\$ 41.770,81	-R\$ 12.606,40	-R\$ 7.104,31	-R\$ 4.972,79	-R\$ 529,29	R\$ 29.164,41	R\$ 297.512,60	R\$ 9.969,85	R\$ 81.134,49
23		R\$ 43.211,91	-R\$ 13.409,92	-R\$ 7.555,44	-R\$ 5.288,57	-R\$ 565,92	R\$ 29.801,98	R\$ 327.314,59	R\$ 9.702,67	R\$ 90.837,16
24		R\$ 44.702,72	-R\$ 14.264,68	-R\$ 8.035,21	-R\$ 5.624,39	-R\$ 605,08	R\$ 30.438,04	R\$ 357.752,62	R\$ 9.437,86	R\$ 100.275,02
25		R\$ 46.244,96	-R\$ 15.173,94	-R\$ 8.545,44	-R\$ 5.981,54	-R\$ 646,96	R\$ 31.071,03	R\$ 388.823,65	R\$ 9.175,36	R\$ 109.450,38

---

26	R\$ 47.840,41	-R\$ 16.141,17	-R\$ 9.088,08	-R\$ 6.361,37	-R\$ 691,73	R\$ 31.699,25	R\$ 420.522,90	R\$ 8.915,12	R\$ 118.365,50
27	R\$ 49.490,91	-R\$ 17.170,07	-R\$ 9.665,17	-R\$ 6.765,31	-R\$ 739,59	R\$ 32.320,83	R\$ 452.843,73	R\$ 8.657,08	R\$ 127.022,58
28	R\$ 51.198,34	-R\$ 18.264,59	-R\$ 10.278,91	-R\$ 7.194,91	-R\$ 790,77	R\$ 32.933,75	R\$ 485.777,48	R\$ 8.401,19	R\$ 135.423,77
29	R\$ 52.964,69	-R\$ 19.428,90	-R\$ 10.931,62	-R\$ 7.651,79	-R\$ 845,49	R\$ 33.535,79	R\$ 519.313,27	R\$ 8.147,40	R\$ 143.571,17
30	R\$ 54.791,97	-R\$ 20.667,45	-R\$ 11.625,78	-R\$ 8.137,68	-R\$ 904,00	R\$ 34.124,51	R\$ 553.437,78	R\$ 7.895,64	R\$ 151.466,81

---

