

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM UM PRÉDIO PÚBLICO, NA CIDADE DO RECIFE-PE.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF USE OF RAINWATER IN A PUBLIC BUILDING, IN THE CITY OF RECIFE-PE.

Felipe Anderson de Freitas Sanatana

felipe.andfsantana@gmail.com

Hildeberto Bernardes de Lacerda Junior

hildebertojunior@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

A captação da água de chuva pode ser uma maneira rápida de se obter grandes volumes de água e de razoável qualidade. A maioria das cidades em todo território do estado de Pernambuco, inclusive as da Região Metropolitana do Recife - RMR passam todo ano por dificuldades para garantir o abastecimento público de água potável. Por isso, a utilização de um sistema de captação de águas de chuva é uma alternativa para reduzir a demanda de água tratada. Este trabalho analisa a viabilidade da construção de um reservatório de acumulação de água de chuva no IFPE *campus* - Recife. Nesse contexto se fez necessário um arranjo de informações, para gerar dados e dar suporte a análise de viabilidade. Para isso, foram analisados os dados pluviométricos locais, definição da área de captação, e demandas de usos de água não potáveis. Observou-se, que a implementação de um reservatório para o aproveitamento de água de chuva é viável na área estudada, pois o indicador *payback* ficou em um período de aproximadamente 1 ano 5 meses.

Palavras-chaves: sustentabilidade; abastecimento de água; reservatório de acumulação.

ABSTRACT

Rainwater harvesting can be a quick way to obtain large volumes of water of reasonable quality. Most cities throughout the state of Pernambuco, including those in the Metropolitan Region of Recife - RMR, experience difficulties every year to ensure the public supply of drinking water. Therefore, the use of a rainwater harvesting system is an alternative to reduce the demand for treated water. This work analyzes the feasibility of building a rainwater storage reservoir at the IFPE campus - Recife. In this context, an arrangement of information was necessary to generate data and support the feasibility analysis. For this, local rainfall data, definition of the catchment area, and demands for non-potable water uses were analyzed. It was observed that the implementation of a reservoir for the use of rainwater

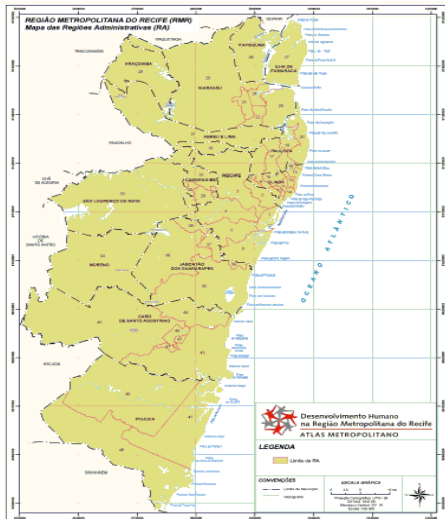
is viable in the studied area, since the payback indicator was in a period of approximately 1 year 5 months.

Keywords: sustainability; water supply; accumulation reservoir.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial a vida e cada vez mais limitado no planeta. A crescente população mundial com suas demandas e a má distribuição dos recursos hídricos tem contribuído para agravar a situação. Para reverter esse quadro, a sociedade precisa unir esforços e desenvolver soluções que contribuam para seu uso sustentável. May (2005) descreve que a água é considerada o principal recurso natural, sendo indispensável para o desenvolvimento dos seres vivos e de inúmeras atividades humanas. Porém a água tem sido degradada intensamente por essas atividades, gerando crise no abastecimento. E que o manejo e o aproveitamento da água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola estão se fortalecendo no cenário mundial, sendo assim, considerado um meio simples e eficaz para diminuir este grave problema ambiental da crescente escassez e água para consumo. Tomaz (2010) explica que uma das alternativas para reduzir o uso de água tratada é a utilização de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis, no qual a água é coletada, geralmente na cobertura de uma edificação, armazenada e pode ser posteriormente utilizada. Estima-se a economia de 30% (trinta por cento) da água pública quando se utiliza água de chuva. Cabral (2018) descreve que a Região Metropolitana do Recife - RMR é composta por 14 municípios, com população estimada em 2017 de 4.044.948 habitantes, dos quais 97% vivem em áreas urbanas. Cabral (2018), relata que devido a sua localização geográfica a RMR recebe inúmeros sistemas meteorológicos de grande escala, responsáveis pelos altos índices pluviométricos anuais e por ocasionar os fenômenos de chuvas intensas. Aliado aos problemas inerentes a acelerada urbanização, a RMR tem 75% do seu território composto de morros, o que reflete em diversos problemas de enchentes e deslizamentos de massa. A precipitação média anual em Recife é de 2.458 mm, sendo junho o mês com maior concentração de chuvas com média de 389,6 mm, e novembro o mês mais seco, com uma média de 47,8 mm. A temperatura média anual é de 25,5°C.

Figura 1 - Mapa da Região Metropolitana do Recife – RMR



Fonte: Atlas Metropolitano (2022)

Os sistemas de abastecimento da Região Metropolitana do Recife, incluindo captação, adução, tratamento e distribuição, são operados pela COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento e tem capacidade para captar e tratar cerca de 10,68 m³/s de mananciais superficiais, embora nem sempre produza a capacidade máxima.

Manoel Filho (2004) descreve que a água subterrânea na RMR é usada principalmente para abastecimento urbano e industrial e tem participação estimada na ordem de 15% no sistema de abastecimento administrado pela COMPESA. A maior parte da água subterrânea da região é explorada através de poços particulares e os volumes extraídos ainda são poucos conhecidos.

Costa et al. (1998) & Contecnica (1998) relataram que a contribuição de águas subterrâneas para o sistema de distribuição da COMPESA era de 1,6 m³/s, explorados por 110 poços no aquífero Beberibe ao norte da RMR. Logo após a seca de 1998/1999, novas baterias de poços foram construídas, aumentando expressivamente a contribuição das águas subterrâneas ao sistema público de abastecimento. Além dos poços da COMPESA, milhares de poços particulares vêm sendo utilizados principalmente para abastecer edifícios residenciais, os quais bombeiam em média 5,0 m³/h.

Costa et al. (2002) avaliaram em cerca de 12.000 o número de poços públicos e privados existentes só na Planície do Recife o que mostra que a perfuração de poços continuou crescendo mesmo depois da crise no abastecimento. Desse número, não se consegue identificar quantos poços estão efetivamente em operação. Dos poços avaliados,

33% eram profundos, ou seja, com mais de 20 metros de profundidade (limite de poço raso segundo a lei estadual), o que significa que as águas profundas têm sido bastante exploradas.

A RMR vem enfrentando em tempos atuais crise no abastecimento, com sistemas de rodízio entre os bairros dos 14 (catorze) municípios que compõe a RMR, problema esse, acarretado pelos baixos períodos de chuvas e níveis de chuvas também baixos, impactando assim, nos níveis das principais barragens responsáveis pelo abastecimento da região. Esse fato fez com que as agências de Clima e Abastecimento do estado entrassem com tal medida protetiva dos níveis dos mananciais.

Para enfrentar o desequilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água potável, diversos autores apontam a necessidade do desenvolvimento de ações de conservação de água em sistemas prediais, visando não só redução do consumo, mas a busca por fontes alternativas de água, como o reuso de águas pluviais e cinzas. (GONÇALVES et al, 1999; OLIVEIRA et al, 1999).

Um prédio escolar demanda significativa quantidade de água para usos não potáveis, como nas caixas de descarga dos banheiros, lavagem do piso e jardinagem. Além disso, trata-se de edificações que comumente apresentam grandes áreas de cobertura, passíveis de captação de águas pluviais (SILVA *et al.*, 2017; MARINOSKI; GHISI, 2008).

A utilização dos sistemas de captação de águas de chuva construídos está em lento crescimento no Brasil e no mundo, algo que poderia ser bem explorado, por existir um vasto campo de aplicação e um manejo que não necessita de uma mão de obra tão especializada. Podendo dessa forma ser aplicado em diversos seguimentos da construção civil e desencadeado tanto em ambiente urbano como no rural.

No estado de Pernambuco existe a lei 1457/2011 que estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do estado de Pernambuco, impondo que novas construções utilizem um reservatório para abastecimento da água de chuva, seu manejo e eventual utilização. Já a lei 18112/2015 que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, restringe a cidade do Recife a necessidade de incorporar as construções com mais de 400 m² de área de cobertura sistemas de captação de água de chuva e construção de reservatórios junto aos "telhados verdes".

O objetivo principal do trabalho é mostrar o potencial de captação de água de chuva no IFPE *campus* - Recife, e de forma analítica demonstrar a viabilidade da utilização dessa

captação na irrigação do campo de futebol da instituição e na lavagem de pisos. Para isso foi levado em consideração áreas que possam servir como sistemas de captação que estejam nas proximidades do mesmo, e que viabilizem a execução do sistema.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

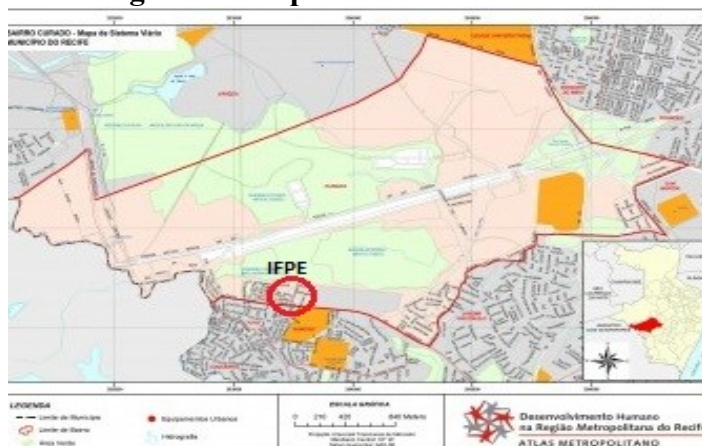
2.1 ÁREA DE ESTUDO

Para fins de análise, viabilidade e implantação do sistema de captação de água de chuva foram tomadas como áreas de estudo as instalações poliesportivas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE *campus* – Recife (Figura 03).

O IFPE - *campus* Recife está localizado no bairro do Curado, faz parte da Região Político – Administrativa (RPA 5) – Zona Sudoeste, microrregião (5,3), Recife, RMR, dista 14,7 km do marco zero do Recife, limitando-se ao norte com a Cidade Universitária, Engenho do Meio, Torrões e Várzea; ao Sul com Jardim são Paulo, Tejipió, Sancho, Totó; a Leste com San Martin; e a oeste com o município de Jaboatão dos Guararapes (Figura 02).

O bairro possui uma população de aproximadamente 16.418 habitantes (CENSO Demográfico, 2010), área territorial de 798 ha ou 7.980.000 m² e densidade demográfica de 20,56 (habitante/hectare). Parte do bairro tem uma infraestrutura precária, grandes quantidades de áreas de ocupação irregular, com carência de infraestrutura. Abrange as zonas especiais de interesse social Zeis Cavaleiro e Planeta dos Macacos.

Figura 2 - Mapa do bairro do Curado



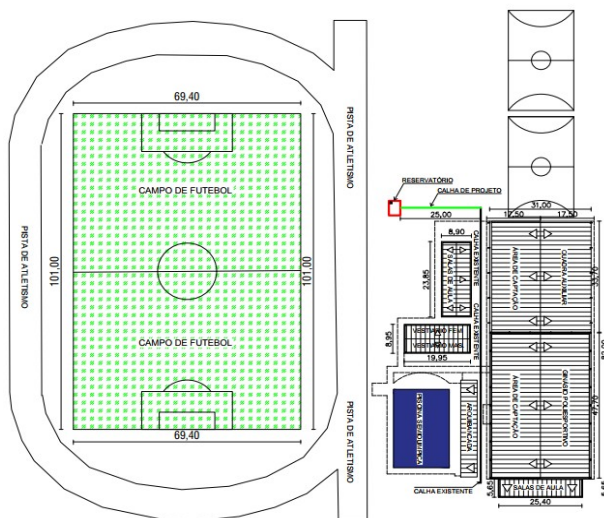
Fonte: Atlas Metropolitano (2022)

O Centro Poliesportivo do IFPE *campus* - Recife atualmente é composto por um ginásio poliesportivo, uma quadra auxiliar coberta, um prédio de vestiários com wc, dois prédios com salas de aulas, piscina semiolímpica, um campo de futebol com pista de atletismo e quadras externas (Figura 03).

Em relação as instalações existentes no IFPE *campus* - Recife, o sistema de abastecimento de água implantado no instituto utiliza dois reservatórios, um reservatório elevado e um outro enterrado que é abastecido pela rede de distribuição da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA e este por sua vez através de um sistema de recalque abastece o reservatório elevado.

O instituto também é abastecido por poços artesianos perfurados em pontos estratégicos, e que supre a demanda na utilização em descargas de banheiros em alguns setores, lavatórios, pias e rega de jardim.

Figura 03 - Centro Poliesportivo – IFPE *Campus* Recife



Fonte: O autor (2022)

2.2 RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) define os parâmetros e requisitos para o aproveitamento de água de chuva coletadas em áreas urbanas para fins não potáveis, e dentre esses parâmetros estão descritos os métodos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial. Neste trabalho foi utilizado o método de Rippl para o dimensionamento do reservatório de água de chuva da área de estudo.

O método *Rippl* é uma técnica frequentemente utilizada na estimativa da capacidade do reservatório de água de chuva. É dependente do volume de água no reservatório no decorrer do tempo que, por sua vez, é a diferença entre o volume necessário para o consumo e o volume de chuva aproveitável no tempo. Este método consiste num balanço de massas. Os dados de precipitação aplicados podem ser mensais ou diários, portanto, o uso de séries históricas mensais resulta em reservatórios de maior volume.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (2)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores}$$

$$S_{(t)} > 0$$

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

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t , expresso em m^3 ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t , expresso em m^3 ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t , expressa em m^3 ;

V é o volume do reservatório, expresso em m^3 ;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

No entanto, a água de chuva atinge o solo ou qualquer outra superfície (telhado), parte dela ficará retida, e parte infiltrará na superfície, e a outra parcela irá escoar para os pontos não saturados por efeito da força de atração gravitacional.

O coeficiente de *Runoff* basicamente é caracterizado pela porcentagem de água de chuva que irá escoar efetivamente a depender da superfície de captação (TABELA 1).

Tabela 1 - Coeficientes de Runoff

Material	Coeficiente <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8-0,9
Telhas esmaltadas	0,9-0,95
Telhas de metal	0,8-0,9
Cimento amianto	0,8-0,9
Plástico	0,9-0,95

Fonte: Tomaz (2010)

Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado.

$$C = V_{esc} / V_{prec} \quad (3)$$

V_{esc} é o volume de água escoado, expresso em m³;

V_{prec} é o volume de água precipitado, expresso em m³;

C Indicador do coeficiente de *Runoff*.

2.3 ANÁLISE PRELIMINAR DA VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo de viabilidade do projeto é uma ferramenta fundamental na fase de planejamento.

May (2005) descreve que o *Payback* dá ao gestor a estimativa de quanto tempo vai levar até que ele recupere seu investimento no determinado projeto. Sabe-se que esse período nem sempre é curto, dependendo do valor do investimento e do tipo de negócio, esse tempo de retorno acontece entre meses ou anos.

Para May (2005) o cálculo do período de retorno ou *Payback* é relativamente simples e envolve uma formula de fácil entendimento. Porém, é preciso planejamento adequado do fluxo de caixa, e necessário colocar todos os custos relacionados ao investimento, devem ser incluídos custos com equipamentos, mão de obra, funcionários, despesas administrativas e operacionais.

Após gerado os demonstrativos de resultados, define-se o resultado médio mensal considerando um determinado período (24 meses, por exemplo).

Logo,

$$P_b = I_{in}/G_p \quad (4)$$

P_b é o *Payback*;

I_{in} é o *investimento inicial*;

G_p é os ganhos no período.

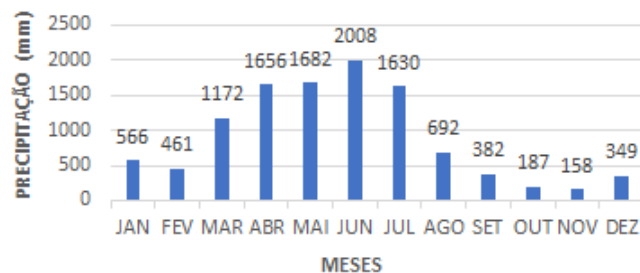
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A região em que está localizado o IFPE – *Campus Recife*, sendo mais preciso a área poliesportiva do *campus*, se encontra em suas proximidades a estação pluviométrica da Várzea (Código - 030) APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima, sendo assim, um pluviômetro registrado na rede oficial que está mais próximo da área estudada.

Esse posto tem precipitações pluviométricas mensais bem características, tendo o trimestre dos meses de abril, maio e junho como os mais chuvosos com precipitação média em torno de 1782,00 mm, por outro lado o trimestre dos meses outubro, novembro e dezembro como os mais secos com precipitação média em torno de 231,33 mm para uma série histórica de cinco anos (2015-2020) (Figura 4).

Figura 4 - Precipitação média mensal para a estação pluviométrica da Várzea – Recife entre 2015 - 2020



Fonte: O autor (2021)

3.2 ÁREA DE COLETA DE ÁGUA PLUVIAL

A área de coleta da água pluvial refere-se uma das águas da cobertura do ginásio poliesportivo e da quadra auxiliar, ambas possuem telhas metálicas curvas sobre uma estrutura de perfis metálicos (Figura 5).

O cálculo da área de coleta foi obtido por meio de análise da planta de locação e cobertura disponibilizada pelo DOPE/IFPE, (Departamento de Obras e Projetos do IFPE) (Tabela 2).

Como resultado, foi analisado parte da cobertura do ginásio de esportes e quadra auxiliar da instituição, região onde se torna mais viável a execução do projeto pela proximidade das partes envolvidas e pela forma com a qual se dará o custeio e viabilidade de implantação do sistema.

Tabela 2 - Áreas de Captação
ÁREA DE CAPTAÇÃO

LOCAL	C(m)	L(m)	A(m ²)
GINÁSIO	48,00	17,50	840,00
QUADRA	34,00	17,50	595,00
TOTAL			1435,00

Fonte: O autor (2022)

Desse modo a área apresentada equivale a um trecho (meia-água) da cobertura do ginásio de esportes e um outro trecho da quadra auxiliar, e por projeção será a área adotada como ponto de coleta para esse trabalho (Figura 5).

O uso da meia - água destas coberturas se justifica pelo fato de que se faz necessário otimizar o projeto para garantir sua viabilidade, diminuindo os custos com calhas, tubos e conexões para captação de toda água no entorno do telhado, necessitando de tais equipamentos apenas em um lado dessa cobertura.

Figura 05 - Localização da área de captação de água pluvial



Fonte: Google Maps.

3.3 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL OU COEFICIENTE DE RUNOFF

Neste trabalho foi adotado o valor para o coeficiente de escoamento superficial ($C = 0,80$) referente ao coeficiente indicado para telhas metálicas (Tabela 1).

3.4 DETERMINAÇÃO DA ÁREA IRRIGADA

O cálculo da área irrigada foi obtido por meio de análise da planta de locação e cobertura disponibilizada pelo DOPE/IFPE, (Departamento de Obras e Projetos do IFPE) (Tabela 3).

Tabela 3 - Área Irrigada

<i>ÁREA IRRIGADA</i>				
LOCAL	C(m)	L(m)	P(m)	A(m ²)
CAMPO	101,00	69,40	340,80	7009,40
TOTAL				7009,40

Fonte: O autor (2022)

Figura 6 - Localização da área irrigada do campo de futebol



Fonte: Google Maps

3.5 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE PISO

As áreas referentes aos pisos foram obtidas por meio de análise da planta baixa das quadras e vestiários disponibilizados pelo DOPE/IFPE, (Departamento de Obras e Projetos do IFPE) (Tabela 4).

Tabela 4 - Áreas de Pisos

<i>ÁREA DE PISO</i>			
LOCAL	C(m)	L(m)	A(m²)
GINÁSIO	47,70	31,00	1478,70
QUADRA	33,70	31,00	1044,70
VESTIÁRIOS	19,95	8,95	178,55
SALAS DE AULA	23,85	8,90	212,27
	25,40	5,65	143,51
TOTAL			3057,73

Fonte: O autor (2022)

Figura 7 - Localização das áreas de piso



Fonte: Google Maps

3.6 CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

3.6.1 Lavagem das áreas de piso

Os pisos são áreas consumidoras de água pluvial armazenada no período, que deverão ser regularmente lavados e estimados da seguinte forma: A taxa de consumo adotada, de acordo com Tomaz (2009), deve ser de 2L/m²/dia.

Tabela 5 - Consumo mensal em (L/m²/mês) do uso estimado de água não potável

FINALIDADE	LOCAL	TAXAS (L/m ² /dia)	FREQ. (dia/mês)	CONS. (L/m ² / mês)
LAVAGEM DE PISOS	VESTIÁRIO	2	12	24,0
	SALAS DE AULA	2	6	12,0
	GINÁSIO QUADRA	2	6	12,0
IRRIGAÇÃO	CAMPO DE FUTEBOL	2	12	24,0
TOTAL				72,00

Fonte: O autor (2022)

3.6.2 Consumo de irrigação

O volume necessário de água para alcançar um padrão de irrigação desejável é submeter a grama do campo de futebol a uma hidratação estável e que não comprometa a sua vitalidade.

Azevedo Neto (2015), adota 2L/m²/dia, ou seja, 2mm por rega. Regando-se 12 vezes por mês teremos, mensalmente 24mm/mês. (THOMAZ, 2009).

Os meses em que o nível mensal de precipitação supre a demanda de necessidade de irrigação da grama não é necessário irrigar, caracterizando a necessidade hídrica mensal. Por se tratar de uma grama não especial, e por ter sido citado por Thomaz (2009) um valor habitualmente utilizado por Azevedo Neto (2015), foi adotado esse valor de 24mm/mês de necessidade líquida de irrigação para compor o cálculo da demanda mensal de água de chuva em m³, levando em consideração a área de grama do campo de futebol (Tabela 6).

Tabela 6 - Demanda mensal em (m³) do uso estimado de água não potável

FINALIDADE	LOCAL	CONS. (L/m ² mês)	ÁREA (m ²)	CONS. (m ³ /mês)
LAVAGEM DE PISOS	VESTIÁRIO	24,0	178,55	4,28
	SALAS DE AULA	12,0	355,78	4,27
	GINÁSIO QUADRA	12,0	2523,4	30,28
IRRIGAÇÃO	CAMPO DE FUTEBOL	24,0	7009,4	168,22
TOTAL				207,00

Fonte: O autor (2022)

3.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUAS DE CHUVA

A partir da demanda mensal de água não potável a ser utilizada no Instituto Federal, tanto para a lavagem de pisos quanto para irrigar o campo de futebol do IFPE – *Campus Recife* nos meses de déficit hídrico foi dimensionado o reservatório de águas pluviais a ser instalado na escola, referente ao déficit acumulado nos meses de outubro e novembro conforme planilha elaborada no Microsoft Excel.

Volume esse que foi determinado a partir da elaboração de uma planilha no *Microsoft Excel* (figura), fornecido pela empresa “Mais Engenharia”, (<https://maisengenharia.altoqi.com.br>), que calcula o volume do reservatório pela metodologia de Rippl (QUADRO 1). O volume de 25,00 m³ é exatamente o volume acumulado no mês de novembro (diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva). Calculando mês a mês a oferta menos a demanda, quando a demanda se torna maior que a oferta o sistema começa a acumular, demonstrando que no final do período é onde se Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil. 14 de setembro de 2022.

evidencia o maior volume. Verificando a planilha foi constatado que nos meses de outubro e novembro se verifica o período em que se apresenta os déficits hídricos, ou seja, em que a demanda é maior que a oferta.

Considerando o critério econômico se decidiu construir um reservatório semienterrado, no ponto de vista da engenharia, a escolha por um reservatório inferior semienterrado se justifica por diminuir o volume de escavação e proteger o mesmo de possíveis soterramentos, sedimentação e alagamento vindo do escoamento superficial do solo.

Quadro 01 - Volume obtido para o reservatório de água pluvial

MÉTODO DE RIPPL

Coeficiente de runoff (CR) = 0,8		LEGENDA: E= EFETIVO D= DEFICIT					
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Situação do reservatório
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	566,2	38	1435	650	-612	0	E
Fevereiro	461	38	1435	529	-491	0	E
Março	1172	38	1435	1345	-1307	0	E
Abril	1656,2	38	1435	1901	-1863	0	E
Maiο	1682,5	38	1435	1932	-1894	0	E
Junho	2008,5	38	1435	2306	-2268	0	E
Julho	1630	38	1435	1871	-1833	0	E
Agosto	692,3	38	1435	795	-757	0	E
Setembro	382,8	38	1435	439	-401	0	E
Outubro	187,9	207	1435	216	-9	0	E
Novembro	158,3	207	1435	182	25	25	D
Dezembro	349,3	207	1435	401	-194	0	E
Total	10947	963		12567	Volume=	25	

Segundo Heller (2010) o reservatório no formato retangular terá o menor perímetro de parede quando for respeitado a relação $x/y=3/4$. (x é a largura; y é o comprimento do reservatório). A profundidade adotada para o reservatório foi de 3,0 m sendo esta a profundidade adotada nos reservatórios de distribuição de água visando a manutenção do mesmo. (Tabela 7).

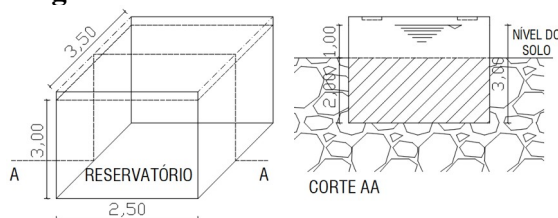
Tabela 7 - Dimensionamento do reservatório
RESERVATÓRIO SEMI-ENTERRADO

PARÂMETROS	VALOR	VOLUME ÚTIL(m³)	VOLUME MORTO (m³)
COMPRIMENTO (m)	3,50	-	-
LARGURA (m)	2,50	-	-
PROFUNDIDADE (m)	3,00	-	-
CAPACID. MÁX (m³)	28,00	26,25	1,75

Fonte: O autor (2022)

O Volume morto foi calculado considerando uma folga de 0,20m entre o nível máximo do reservatório e sua cobertura (Figura 8).

Figura 8 - Reservatório semienterrado



Fonte: O autor (2021)

Posicionado estrategicamente entre as áreas de captação e os locais de uso (Figura 9).

O trecho de calha projetado e construído com a função de prolongar o sistema de captação de água pluvial (calhas) existente no Centro Poliesportivo, com o objetivo de drenar a água captada até o reservatório. (Figura 9).

Figura 9 - Indicação do local sugerido para o reservatório de água pluvial



Fonte: Google Maps

3.8 CUSTO TOTAL DE IMPLANTAÇÃO

O custo total para implantação do sistema refere-se aos custos para: construção do reservatório entre materiais e mão de obra, prolongação do sistema de captação de águas pluviais (calhas) já existente no centro poliesportivo, e bomba centrífuga.

Os materiais, insumos e equipamentos necessários para a estimativa de custo da construção do reservatório estão listados abaixo (Tabela 8).

Tabela 8 - Descrição dos custos para construção do reservatório

Item	Descrição	Unid	Qtde.	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)						
05.01.030 (EMLURB)	Escavação manual em terra entre 1,5 m e 3,0m, sem escoramento.	m³	26,84	50,83	1364,28						
05.02.090 (EMLURB)	Apiloamento manual de valas em camadas de 20 cm de espessura.	m³	1,90	35,30	67,36						
96620 (SINAPI)	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers.	m²	1,90	464,41	886,25						
13.01.020 (EMLURB)	Lastro de piso com a utilização de aditivo impermeabilizante - sika 1, com 10,0 cm de espessura em concreto 1:4:8.	m²	9,54	73,75	703,70						
07.01.185 (EMLURB)	Alvenaria de tijolos de 8 furos, assentados e rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:6 - 1 vez.	m²	37,45	84,10	3149,55						
11.02.010 (EMLURB)	Chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3.	m²	37,45	8,37	313,46						
						11.05.015 (EMLURB)	Revestimento com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, com 2,0 cm de espessura e acabamento liso em cimento queimado.	m²	37,45	44,26	1657,54
						08.04.067 (EMLURB)	Impermeabilização com aplicação diretamente na estrutura de um composto de cimento impermeabilizante e selador especial com 04 camadas de 3mm de argamassa com aditivos e 02 de mãos de tinta betuminosa para sub solos, poços de elevadores, reservatórios etc... sujeito a infiltrações incluindo material, mão de obra e chapisco no traço 1:2	m²	37,45	77,09	2887,02
						06.01.055 (EMLURB)	Formas para concreto armado em qualquer tipo de estrutura, com chapa de madeira compensada tipo resinada de 12 mm, inclusive escoramento.	m²	2,50	102,99	257,48
						06.03.092 (EMLURB)	Concreto estrutural, fck 25 Mpa, condição A (NBR 12655) lançado em estruturas e adensado.	m³	1,14	554,48	634,88
						06.02.020 (EMLURB)	Ferro cortado, dobrado e colocado na forma, em infraestrutura (CA-50).	Kg	273,40	8,33	2277,42
						93382 (SINAPI)	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada.	m³	7,45	28,10	209,35
						01845 (ORSE)	Alçapão em chapa de aço e=3/16".	Un.	2	359,32	718,64
						Orçado	Filtro vf1 para captar água de chuva 3P	Un.	1	1500,0	1500,00

Fonte: o autor (2022)

Os insumos e as composições unitárias dos serviços foram obtidos através dos bancos de dados das tabelas de custos da Caixa Econômica Federal - CEF (2021), Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB (2018), Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe - ORSE (2021).

Alguns itens que não foram encontrados em tabela específica, foram orçados em lojas especializadas em equipamentos para sistemas de captação de água de chuva (Tabela 8).

Tabela 9 - Descrição dos custos com a construção da Calha

Item	Descrição	Unid	Qtde.	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)
21.13.030 (EMLURB)	Construção de calha pré-moldada de concreto, diam. 50 cm, inclusive escavação, remoção, colchão de areia e rejunte com argamassa de cimento e areia no traço 1:4.	m	25	60,68	1517,00

Fonte: O autor (2022)

A composição do serviço foi obtida através do banco de dados da tabela de custos da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB (2018) (Tabela 9).

Tabela 10 - Descrição dos custos com a Mão de Obra

Item	Descrição	Unid	Qtde.	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)
88309 (SINAPI)	Pedreiro com encargos complementares.	h	192	18,30	3513,60
82242 (SINAPI)	Ajudante de pedreiro com encargos complementares.	h	192	14,88	2856,96

Fonte: O autor (2022)

A composição do serviço referente a mão de obra foi obtida através do banco de dados da tabela de custos da Caixa Econômica Federal - CEF (2022) (Tabela 10).

Em relação a mão de obra ficou definido que uma equipe com 02 (dois) pedreiros e 02 (dois) auxiliares de pedreiro realiza o serviço em um período de 12 dias, trabalhando 48hrs semanais (Tabela 10).

Tabela 11 - Descrição do custo com Bomba de Recalque

Item	Descrição	Unid	Qtde.	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)
19.07.525 (EMLURB)	Fornecimento de bomba 3/4 HP, inclusive acessórios, fixação e instalação.	Un.	1	760,05	760,05

Fonte: CEF (2022)

O valor da bomba foi estimado levando em consideração o valor de referência na tabela de preços da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB (2018), para a cidade do Recife (Tabela 11).

Tabela 12 - Quadro-resumo do custo estimado de implantação do sistema

Item	Custo Estimado
Reservatório	R\$16.626,93
Calha	R\$1.517,00
Bomba de recalque	R\$760,05
Mão de obra	R\$6.370,56
Total Geral	R\$25.274,54

Fonte: O autor (2022)

Os custos foram atualizados para o ano de 2021, com exceção a tabela de preços da EMLURB que sua última atualização se refere ao ano 2018, dessa forma tornando a estimativa o mais próximo da realidade.

3.9 POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

O consumo mensal médio de água potável foi calculado através de levantamento do Histórico de Medição e Consumo da Ligação de Água do IFPE, fornecido pela concessionária local, nos meses de janeiro a dezembro dos anos de 2014 e 2018.

Tabela 13 - Consumo mensal médio de água potável do IFPE em 2014 e 2018

Mês	Consumo (m ³)
Janeiro	712,0
Fevereiro	756,5
Março	990,0
Abril	838,0
Mai	768,5
Junho	1075,5
Julho	668,5
Agosto	625,0
Setembro	850,0
Outubro	877,5
Novembro	859,5
Dezembro	722,5
Média	811,95

Fonte: Araújo (2021)

Segundo, Araújo (2021), a análise do histórico de consumo de água mensal do Instituto Federal de Pernambuco, *campus* Recife, demonstra que ocorreram falhas no processo de gestão da água no decorrer de alguns anos (2015-2016-2017), que não correspondem a demanda de consumo real do *campus*, sendo estes registros computados nos anos em que o hidrômetro se encontrava com problemas técnicos.

Por essa questão, não foram contabilizados para o cálculo do potencial de economia de água os anos em que ocorreram falhas na leitura do hidrômetro, se abstendo apenas aos anos de 2014 e 2018.

Analisando os dados (Tabela 13), verifica-se que o consumo médio mensal de água potável na instituição, para o período estudado, corresponde a 811,95 m³, como a demanda hídrica mensal não potável, em um valor equivalente a 207,00 m³/mês (trimestre seco) por mês outro para 43,00 m³/mês (período chuvoso). Nos meses chuvosos é de aproximadamente 5% do consumo médio anual, no trimestre seco esse percentual aumenta para 25,50% do mesmo valor.

3.10 ESTIMATIVA DO PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO – PAYBACK

Essa estimativa é o ponto chave deste trabalho, é um fator que define e dá total sentido a esta pesquisa. Para esta estimativa será feito um comparativo entre o montante gasto para implantação do sistema de captação de águas pluviais com o impacto econômico na conta de água da instituição, causado pela redução do consumo de água potável.

Sabe-se que na engenharia diversos parâmetros e atividades estão ligados diretamente a custos, e para que um projeto seja satisfatório é crucial saber o valor a ser investido e o prazo em que tal processo trará retorno financeiro, além do más estamos nos referindo a uma obra pública.

Tabela 14 - Estrutura tarifária da concessionária de água (COMPESA), para escola (prédio público)

Consumo	Valor(m ³)
Até 10m ³ /mês	R\$71,81
Cada m ³ excedente	R\$10,89

Fonte: O autor (2022)

A partir desses dados, podemos através da (Tabela 15), demonstrar o real potencial de economia de água potável.

Tabela 15 - Demonstrativo do real potencial de economia de água potável

Mês	Economia (m ³)	Economia (R\$/mês)
Janeiro	38	1023,02
Fevereiro	38	1023,02
Março	38	1023,02
Abril	38	1023,02
Mai	38	1023,02
Junho	38	1023,02
Julho	38	1023,02
Agosto	38	1023,02
Setembro	38	1023,02
Outubro	207	2863,43
Novembro	207	2863,43
Dezembro	207	2863,43
Σ (ano)	-	17.797,47

Fonte: O autor (2022)

A partir dessas informações e fazendo uso da razão entre o custo de implantação do sistema de **R\$25.274,54** com o valor da economia anual gerada pelo sistema que é de

R\$17.797,47, obtêm-se o período de retorno do investimento ou *Payback* (P_b). (TABELA 16).

Tabela 16 - Período de Retorno (*Payback*)

Custo (R\$)	Economia (R\$/ano)	<i>Payback</i> (ano)
25.274,54	17.797,47	1,42

Fonte: O autor (2022)

O período de retorno encontrado para implementação de um reservatório de água de chuva na área poliesportiva do IFPE foi de aproximadamente de 1 ano 5 meses.

4 CONCLUSÕES

Desta maneira, o projeto apresenta viabilidade técnica de implantação e viabilidade econômica, pelo fato de os sistemas de aproveitamento da água de chuva serem uma alternativa ao atendimento das demandas não potáveis de uma edificação. Considerando que a população de maneira geral deve levar com responsabilidade a forma de como usar os poucos recursos hídricos disponíveis.

O projeto detém eficiência na captação e reuso dessas águas, justificando a necessidade da construção do reservatório para a captação de água pluvial nos meses mais chuvosos para serem utilizados nos meses mais escassos no qual se caracteriza o déficit hídrico.

Sendo assim, uma alternativa sustentável, durável e com custos razoavelmente baixos de implantação e manutenção. Por meio do consumo médio mensal estimado das águas (distribuídas em lavagem de pisos e rega de gramado), histórico do consumo de água potável no período, potencial de economia de água potável, índices pluviométricos e a escolha da área de coleta, foi dimensionado o reservatório de água pluvial (cisterna) com capacidade para armazenar 26,25 m³ de água, onde se caracterizou a análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de captação, armazenamento e distribuição dessas águas, levando em consideração materiais e insumos para construção do reservatório, mão de obra e bomba de recalque. O custo de instalação ficou em R\$25.274,54. É notório que a médio prazo os benefícios financeiros aparecem pelo simples fato de obtermos uma viabilidade econômica satisfatória, sendo definido assim, um *Payback* ou período de retorno do investimento na instalação do sistema em 1 ano e 5 meses e 4 dias com referência na economia de água anual gerada.

Ademais, o estudo realizado assegura que a instituição tem um elevado potencial de captação de águas pluviais e que as vantagens trazidas pela implantação desse sistema não se limitam só ao impacto financeiro, mas a todos os demais benefícios trazidos pela implementação deste projeto, como: redução dos efeitos das precipitações capazes de causar alagamentos no interior e exterior das edificações, redução com custeio mensal de água potável e acima de tudo sustentabilidade. O ganho com todo esse processo além de ser ambiental, também é cultural, pois, conscientiza e educa alunos, professores e funcionários a exercer seu papel com mais responsabilidade, visando sempre a conservação e o uso racional da água, e assim, a instituição torna-se exemplo para a sociedade, é através da captação de águas pluviais que se pode minorar os impactos causados pelas chuvas intensas dentro do IFPE – *campus* Recife, e gerar a redução da demanda de utilização da água potável.

Como sugestão para os próximos trabalhos, deve-se considerar como forma de diminuir o tempo de retorno do investimento, a redução do custo com a implantação dos equipamentos (reservatório e calha), construção essa realizada por mão de obra própria. Sendo assim, o tempo de retorno diminuiria.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AGENCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS. **Histórico de chuvas.** Disponível em: <old,apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php> Acesso em jan. 2021.

ARAUJO, Lucas. **Índice de consumo como parâmetro indicativo da gestão sustentável da água.** TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituição Federal de Pernambuco, Recife. 2021.

AZEVEDO NETO, José M. **Manual de Hidráulica.** 9 ed. São Paulo: Blucher. 2015.

CABRAL, Eduardo. **Viabilidade espaço-temporal da pluviosidade da região metropolitana do Recife.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós graduação Engenharia Civil, a à Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de graduação de Bacharel em Engenharia Civil. Recife. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poderpublico/apoio-poder-publico/sinapi/paginas/default.aspx>>. Acesso em mar. 2021.

COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS DE SERGIPE. **Orçamento de Obras de Sergipe**. Disponível em: <<http://www.cehop.se.gov.br/orse/>>. Acesso em jan. 2021.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO E ABASTECIMENTO. **Estrutura tarifária pública**. Disponível em: <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortaAction.do>>. Acesso em fev. 2021.

AGENCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. **Atlas Metropolitano do Recife**. Disponível em: <<http://www.condepefidem.pe.gov.br/web/condepe-fidem/atlas-metropolitano>> Acesso em ago. 2022.

COSTA, W.D. (Coord.). **Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes (HIDROREC II)**. Recife, junho, 2002.

COSTA FILHO, W.D.; SANTIAGO, M.M.F.; COSTA, W.D.; MENDES FILHO, J. **Isótopos Estáveis e a Qualidade das Águas Subterrâneas na Planície do Recife**. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cdrom. São Paulo, SP. 1998.

EMPRESA DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA URBANA DA PREFEITURA DO RECIFE. **Tabela de Preços para Contratação de Obras e Serviços de Engenharia**. Disponível em: <www2.recife.pe.gov.br/servico/tabela-de-precos-emlurb>. Acesso em jan. 2021.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potencial de economia de água potável pelo aproveitamento de águas pluviais e cinza em um pavimento edifício residencial no sul do Brasil. **Construção e Meio Ambiente**, West Lafayette, v. 42, n. 7, jul. 2007.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2 ed. Volume 2. Belo Horizonte. Editora UFMG. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em jan. 2021.

LIMA, K. L. B. de A. **Captação de águas pluviais em escola pública no Recife-PE**. 2016. 76 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

MAIS ENGENHARIA. **Dimensionamento de reservatório de água da chuva pelo método de Rippl**. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/dimensionamento-de-reservatorio-de-agua-da-chuva-pelo-metodo-de-ripppl/>>. Acesso em: 15 de jan. de 2022.

MANOEL FILHO, J. **Exploração de água subterrânea em zona urbana: caso da Grande Recife**. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, MT. CD- rom. 2004.

MARINOSKI, A. K., GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

MAY, SIMONE. **Manual de conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Editora Gráfica, 2005.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; CABRAL, J.J.S.P.; PAIVA, A.L.R. Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Recife, junho, 2009.

NUNES, L.G.C.F. **Indicadores de consumo de água em uma escola estadual de Recife-PE**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015. 83p.

OLIVEIRA, L.H.; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios**. Boletim Técnico da EPUSP, Universidade de São Paulo; São Paulo, 1999.

ROSA, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificação**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

RECIFE. **Lei 18.770, de 29 de dezembro de 2020**. Institui o plano diretor do município do Recife e estabelece as diretrizes para a sua implantação. Recife: PMCR. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=407224#:~:text=Institui%20o%20Plano%20Diretor%20do,29%20de%20dezembro%20de%202008.&text=Art.,%C3%A0%20totalidade%20de%20seu%20territ%C3%B3rio>. Acesso em jan. 2020.

SILVA, A. J. B. **Potencial de reuso em escola de nível médio**. 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife.

SILVA, S. R. **Consumo de água em escolas públicas: uma referência para o município do Recife**. Trabalho original (Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2016. 66p.

SOARES, A. E. P; NUNES L. G. C. F; SILVA, S. R. Diagnóstico dos Indicadores de Consumo de Água em Escolas Públicas de Recife-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental do Alta Paulista**, v.13, n.1, 2017. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/1493/1515. 05 mai. 2018

SOARES, A.E.P. **Análise do consumo de água em uma escola pública estadual de Recife-PE**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2016. 86p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2010.

TOMAZ, P. **Consumo de água em paisagismo**. 6 ed. São Paulo: Editoração eletrônica, 2009.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.