

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Júlia Correa as minhas avós, família, amigos e a todas as pessoas que contribuíram em minha jornada acadêmica até agora.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, em especial à minha Mãe Regina dos Santos, minha avó Maria Inês e Elza Correa, que sempre confiaram em mim e me deram todo apoio, estrutura e amor.

Ao meu orientador, professor Lindemberg Fernandes, por ter acreditado em minha capacidade, pelo auxílio e orientação.

A todos meus amigos e irmãos que estiveram presente sempre que precisei ao longo de minha vida, com os quais compartilhei sorrisos, momentos e experiências em especial Junior Ishihara; Gabriel Hiromite e Marcos Farias.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Água, Energia e Sustentabilidade da Amazônia (GAES) da Universidade Federal do Pará (UFPA) pelo apoio e momentos de descontração.

Aos amigos que conheci no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UFPA, em especial Laila Rover, Calina Grazi, Eduardo Aguiar, Raphael Sampaio, Pablo Abreu, A todos que não foram citados, mas que também contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho, o meu mais sincero agradecimento.

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SIGLAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL	3
2.2	OBJETIVO ESPECIFICOS	3
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1	SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES EM BELÉM.....	4
3.2	ESCASSEZ DE ÁGUA.....	5
3.3	CENÁRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	7
3.4	COMPONENTES PARA O APROVEITAMENTO	8
3.4.1	<i>Superfície de Captação de Água de Chuva</i>	9
3.4.2	<i>Condução Para Armazenamento e Pré-Tratamento.....</i>	10
3.4.3	<i>Armazenamento</i>	13
3.5	TIPOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	14
3.6	MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS.....	16
3.6.1	<i>Método Prático Alemão (ABNT, 2007)</i>	17
3.6.2	<i>Método Prático Inglês (ABNT, 2007).....</i>	17
3.6.3	<i>Método Prático Australiano (ABNT, 2007)</i>	17
3.6.4	<i>Método de Rippl (ABNT, 2007)</i>	18
3.6.5	<i>Método da Simulação (ABNT; 2007).....</i>	19
3.6.6	<i>Método Iterativo</i>	19
3.6.7	<i>Método Simulação de Monte Carlo.....</i>	20
3.6.8	<i>Método baseado na Lei Municipal 10785/03 – Curitiba.....</i>	20
3.6.9	<i>Método Prático Brasileiro (Azevedo neto ABNT, 2007).</i>	21
3.6.10	<i>Método Ghisi et al. (2006).....</i>	21

3.7	USOS DA ÁGUA.....	25
3.8	COBRANÇA PELA ÁGUA POTÁVEL EM BELÉM	26
3.9	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE BELÉM-PA	26
3.10	ASPECTOS LEGAIS – LEGISLAÇÃO.....	28
3.11	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	29
	3.12.1 Valor Presente Líquido – VPL	30
	3.12.2 Taxa Interna De Retorno – TIR.....	32
	3.12.3 Payback	33
4	ÁREA DE ESTUDO	35
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
6	RESULTADOS	38
6.1	DADOS PLUVIOMÉTRICOS	38
6.2	PESSOAS POR DOMICÍLIOS (PD).....	40
6.3	DOMICÍLIOS ATENDIDOS PELA CONCESSIONÁRIA (ND).....	40
6.4	ÁREA DE CAPTAÇÃO (TRA).....	41
6.5	POTENCIAL DE APROVEITAMENTO (VR).....	42
6.6	CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL (PWR).....	43
6.7	POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL (PPWS).....	43
6.8	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	45
6.9	VIABILIDADE ECONOMICA.....	47
7	CONCLUSÃO	53
8	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	54
9	APÊNDICES	63
	apêndice a – sistema de aproveitamento proposto	63
	apêndice b – material hidráulico.....	63
	apêndice c – implantação e manutenção	63

RESUMO

O estudo tem como objetivo geral avaliar o potencial do aproveitamento da água de chuva na cidade de Belém-PA, destacando a viabilidade econômica na percepção do consumidor residencial e o reflexo na despesa com a produção de água potável pela concessionária de abastecimento. Na quantificação do sistema de aproveitamento foi utilizado o método de Ghisi *et al.* (2006), além da série temporal de precipitação no período de 30 anos (1984 a 2013), da base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A série histórica de precipitação mostrou que Belém possui dois períodos bem definidos no ano, um chuvoso de dezembro a maio, e outro menos chuvoso de junho a novembro, além disto, o fato de Belém não apresentar períodos completamente secos. Para a análise da viabilidade econômica na ótica do consumidor residencial foi elaborado dois cenários, com e sem os custos de implantação do sistema de aproveitamento. Obtendo-se o primeiro cenário inviável e para o segundo viável economicamente. Na ótica da concessionária de abastecimento, o aproveitamento mostrou ser economicamente viável.

Palavras chaves: Água de Chuva, Belém, Consumidor Residencial, Viabilidade Econômica.

Abstract

The study evaluated the potential of rainwater utilization in Belém-PA, with emphasis on the economic viability of the residential consumer perception and the reflection in spending on the production of drinking water by the supply utility. In quantifying the utilization system was used the method of Ghisi *et al.* (2006). Was using a precipitation temporality series in the 30-year period (1984-2013), the database of the National Institute of Meteorology (INMET). The historical series of precipitation indicated that Belém has two defined periods in the year, a rainy December to May, and another less rainy June to November, the fact that Belém does not display completely dry periods. For the analysis of economic viability in the view of the residential customer was prepared two scenarios, with and without the deployment costs of utilization system. Obtaining the first scenery unfeasible, and the second economically viable. In the perspective of supply concessionaire, the use is economically viable.

Lista de Figura

Figura 1 – Sistema de Aproveitamento.	8
Figura 2 - Áreas de captação	9
Figura 3 - Caixa de areia.....	12
Figura 4 – Reservatório de pré-tratamento	13
Figura 5 – Tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva	15
Figura 6 – Fluxo de caixa	30
Figura 7 – Área de estudo.....	36
Figura 8 - Precipitação mensal Belém-PA (1984-2013).	38
Figura 9 - Precipitação média de Belém no período de 1984 a 2013.	39
Figura 10 – Volume de Precipitação.	42
Figura 11 – Relação entre Consumo e Potencial de Economia.	44
Figura 12 – Atendimento pela concessionária e com aproveitamento.	45
Figura 13 – Relação entre o consumo e o aproveitamento.....	47
Figura 14 – Relação entre o aproveitamento e a fatura.	48
Figura 15 – Fluxo de caixa para o 1º cenário.....	49
Figura 16 – Fluxo de caixa para o 2º cenário.....	50
Figura 17 – Estimativa da receita da concessionária com aproveitamento....	51
Figura 18 – Fluxo de caixa para a concessionária.	52

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Total de água doce renovável por País 2013.....	5
Tabela 2 – Frequência de manutenção.....	14
Tabela 3 - legislações para aproveitamento no Brasil.....	28
Tabela 4 - Legislação de alguns países aproveitamento.	29
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens do VPL.	31

Lista de quadros

Quadro 1 - Coeficientes de escoamento para telhados.	10
Quadro 2 - Dispositivos de pré-tratamento.....	11
Quadro 3 – Sistemas de Aproveitamento.....	15
Quadro 4 – Método de Ghisi <i>et al.</i> (2006)	21
Quadro 6– Etapas metodológicas da pesquisa.....	37
Quadro 7 - volume do Reservatório.	46

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ASA	Articulação do Semiárido
Cosanpa	Companhia de Saneamento do Pará
CODEM	Companhia de Desenvolvimento e de Administração da Área Metropolitana de Belém
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DABEL	Distrito Administrativo de Belém
DABEN	Distrito Administrativo do Benguí
DAENT	Distrito Administrativo do Entroncamento
DÁGUA	Distrito Administrativo do Guamá
DAICO	Distrito Administrativo de Icoaraci
DASAC	Distrito Administrativo da Sacramenta
ENOS	El Nino Oscilação Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
ONU	Organização das Nações Unidas
P1MC	Programa Um Milhão de Cisterna
PROSAB	Programa de Pesquisa do Saneamento Básico
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRP	Variabilidade da Precipitação
PVC	Poli cloreto de Vinila
RMB	Região Metropolitana de Belém
SEGEP	Secretária Municipal de Coordenação Geral de Planejamento e Gestão
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
TIR	Taxa Interna de Retorno
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VPL	Valor Presente Líquido
ZCI	Zona de Convergência Intertropical

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Sperling (1996), a água é a substância simples mais abundante na Terra e pode ser encontrada tanto no estado líquido, sólido e gasoso na atmosfera, sobre ou sob a superfície terrestre, nos oceanos, mares, rios e lagos.

Sendo o constituinte inorgânico mais presente na matéria viva, com cerca de 60% do peso do homem e em certos animais aquáticos esta porcentagem pode ser de 98%.

Segundo Tomaz (2011), água está distribuída no mundo nos seguintes percentuais: 97,5% da água é salgada composta pelos oceanos, a água doce corresponde somente aos 2,5% restantes divididas em água congelada das calotas polares, águas subterrâneas, biomassa e na atmosfera em forma de vapor.

Para Silva, (2004), o uso racional da água busca a otimização da demanda a partir da utilização de uma menor quantidade de água para o desenvolvimento das atividades, sem o comprometimento da qualidade. Já o aproveitamento de fontes alternativas busca o emprego de água “menos nobre” para fins “menos nobres”, através do aproveitamento de águas pluviais, águas de poços e reuso da água.

Segundo Barlow e Clarke (2003), estima-se que em um período de 25 anos, até 2/3 da população mundial estará vivendo com severa escassez de água doce. Afirmam, ainda, que “esta é a guerra invisível da água”, que além de ser responsável pela degradação ambiental, compromete também a saúde humana, principalmente os mais vulneráveis pela falta de tratamento adequado da água.

Segundo Alt (2009), a degradação dos recursos hídricos, o desmatamento, a poluição e a impermeabilização das cidades, desequilibram o ciclo hidrológico gerando poluição dos mananciais, enchentes e a alteração do ciclo das chuvas.

Em decorrência das alterações climáticas e não homogeneidade da distribuição da água na superfície terrestre faz com que algumas regiões sofram com escassez, gerando assim, os conflitos pelos usos múltiplos da água.

Para Tomaz (2011), o aproveitamento de água pluvial precipitada nas residências do meio urbano também é função dessas mudanças climáticas. Essa tecnologia de aproveitamento vem crescendo e dando ênfase à conservação da água. Além de proporcionar economia de água potável, o aproveitamento da água pluvial em residências pode reduzir as despesas com água potável e contribuir para

a diminuição de inundações, quando aplicada em larga escala, de forma planejada e em uma bacia hidrográfica.

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA, a Amazônia possui cerca de 12% de toda a água doce superficial do planeta. Ainda assim, o acesso à água potável é um sério problema na região.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2008, a região norte possuía o maior percentual de municípios distribuindo água sem nenhum tratamento (21,2%). As piores situações são dos estados do Pará (40%) e do Amazonas (38,7%).

A cidade de Belém-PA possui aquíferos granulares que se estendem até pelo menos 300 metros de profundidade, com uma reserva reguladora estimada em $34,08 \times 10^9$ m³/ano (CPRM, 2001), os índices pluviométricos médios em torno de 2.800 mm/ano (INMET, 2011) e com cursos de água superficial com mais de 50 km² de espelhos d'água.

De acordo com Mendes (2005), a cidade de Belém-PA mesmo sendo cercada por rios, enfrenta problemas sérios em termos de abastecimento urbano. A cidade possui 1.439.561 habitantes (IBGE, estimada para 2015) e um sistema público de abastecimento. Atualmente, a produção de água atende cerca de 74,70% (1.621.162 habitantes) da população urbana da RMB (2.170.322 habitantes). Sendo que deste total de habitantes, 1.381.475 residem na área da cidade de Belém.

Diante deste cenário, este estudo procura avaliar a viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva, mediante o consumo para a categoria de residencial numa metrópole da Amazônia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a viabilidade econômica para a sociedade com o aproveitamento de água de chuva numa metrópole da Amazônia (na cidade de Belém-PA).

2.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

- Avaliar a série histórica de precipitação mensal no período de 1984 a 2013 de Belém-PA;
- Determinar os potenciais de aproveitamento de água de chuva e de economia de água potável, através do método de Ghisi et al (2006);
- Determinar a viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva, e a relação entre consumidor e distribuidor de água potável.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES EM BELÉM

Os sistemas atmosféricos são fenômenos climáticos que ocorrem no planeta influenciando na circulação atmosférica e, por conseguinte na distribuição da precipitação, provocando geralmente as precipitações anormais, ou seja, anomalias de chuva que ocorrem normalmente sem uma periodicidade definida. Podendo estas anomalias estar ligadas ao aumento ou diminuição da pluviometria.

De acordo com (DE SOUZA; AMBRIZZI, 2003; FIGUEROA; NOBRE, 1990; MARENGO *et al.*, 2001), apud Santos (2014) a cidade de Belém-PA, situada no leste da Amazônia e possui duas estações bem definidas: a chuvosa de dezembro a maio, e menos chuvosa de junho a novembro.

Segundo (CAVALCANTI *et al.*, 2009; CITEAU *et al.*, 1985, 1988a, 1988b; UVO; NOBRE, 1989; WALISER; GAUTIER, 1993) apud Santos (2014), a definição das estações, chuvosa e menos chuvosa é consequência principalmente da migração latitudinal da Zona de Convergência Intertropical, (ZCIT), que durante o verão austral está posicionada mais abaixo da linha do Equador, podendo alcançar até 5° S de latitude, provocando intensas chuvas nessa região, enquanto no inverno austral está mais ao norte, podendo alcançar até 10° N, e como consequência ocorre redução das chuvas na Amazônia.

Para (CAVALCANTI *et al.*, 2009, cap.5; COHEN, *et al.*, 1989), apud Santos (2014), além da ZCIT, a região também é influenciada por outros sistemas meteorológicos de meso escala intensificadores de chuva, como as Linhas de Instabilidade (LI), sendo responsáveis por cerca de 45% da chuva no período menos chuvoso.

De acordo com (ANDREOLI *et al.*, 2005; GERSHUNOV; MCCABE; ZHANG *et al.*, 1997) apud Santos (2014), a variabilidade da precipitação (PRP) pode ser alterada pela Oscilação Decadal do Pacífico, os ciclos do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Pacífico, e as fases positiva ou negativa do Gradiente Meridional e Inter-hemisférico das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na bacia intertropical do Atlântico conforme estudos feitos por diversos autores dentre eles De Souza *et al.* (2000); Liebmann e Marengo (2002); Nobre e Shukla (1996); Pezzi e Cavalcanti (2001).

3.2 ESCASSEZ DE ÁGUA

Segundo Gleick (1993), e Rebouças *et al.* (2006), algumas partes do mundo já passam por este problema de escassez de água potável, principalmente em países ou regiões menos favorecidos por recursos hídricos. Dentre eles países da África e do Oriente Médio que em geral estão entre os principais locais com maior escassez de água no mundo, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Total de água doce renovável por País 2013.

PAÍS	RECURSOS HÍDRICOS RENOVÁVEL (km³/ano)	ANO DE ESTIMAÇÃO	FONTE DE ESTIMATIVA
África			
Argélia	11.6	2005	Frenken (2005)
Cabo Verde	0.3	2005	Frenken (2005)
Camarões	285.5	2003	UN FAO (2003)
Líbia	0.6	2005	Frenken (2005)
Nigéria	286.2	2005	Frenken (2005)
África do Sul	51.4	2011	UN FAO (2013)
América do Norte e Central			
	2902	2011	UN FAO (2013)
Canadá	38.1	2000	UN FAO (2000)
Cuba	457.2	2000	UN FAO (2000)
México			
América do Sul			
Argentina	814	2000	UN FAO (2000)
Brasil	8233	2000	UN FAO (2000)
Paráguai	333	2000	UN FAO (2000)
Peru	1913	2000	UN FAO (2000)
Uruguai	139	2000	UN FAO (2000)
Ásia e Oriente Médio			
	137.5	2008	Frenken (2008)
Irã	1.8	2008	Frenken (2008)
Israel	0.02	2008	Frenken (2008)
Kuwait	4.5	2008	Frenken (2008)
Líbano	0.1	2008	Frenken (2008)
Quatar	2.1	2008	Frenken (2008)
Iêmen			
Europa			
Alemanha	188.0	2007	Euroestat (2013)
França	186.3	2007	Euroestat (2013)
Itália	175.0	2007	Euroestat (2013)
Portugal	73.6	2007	Euroestat (2013)

Fonte: Gleick 2013.

Para Rebouças *et al.*, (2006), o cenário de escassez de água no mundo, até mesmo alguns locais no Brasil, que é um país que detém grande parcela de água do planeta, aproximadamente 12%, já vem se deparando com a realidade da falta de água, tanto no nordeste do quanto na região Sul e sudeste do país.

Produzindo até mesmo um antagonismo quando se observa a Amazônia, região que detém o maior potencial hídrico do mundo e com elevados índices de chuva, cenário este que será a área de estudo desta pesquisa, por ser tão importante, no entanto, ainda pouco estudado frente a sua grande magnitude espacial e em riquezas naturais.

Para Gomes (2011), no cenário mundial, os números com relação à utilização da água são preocupantes. E a previsão para o futuro, é que potências mundiais não mais disputarão pela hegemonia nuclear e petrolífera, e sim pela detenção de reservas hídricas que atendam a demanda de consumo de seus países.

Em decorrência deste cenário, que a Organização das Nações Unidas (ONU) apresentou dados alarmantes no 6º Fórum Mundial da Água ocorrido na França em 2012, no quais se destacam:

- 1,7 bilhões de pessoas não tem acesso à água potável – equivalente a 18% da população mundial;
- 2,2 milhões morrem a cada ano por causa de doenças de veiculação hídrica;
- Até 2025, se for mantido o padrão de consumo e os altos índices de poluição, dois terços da população do planeta poderá sofrer escassez moderada ou grave de água;
- A previsão para 2050 é que apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas.

Assim Tomaz (2011), alerta para a conscientização da importância da economia de água, no qual é um dos primeiros passos para atenuar o problema e juntamente com incentivo do governo, levar as mudanças de hábitos da população para o uso racional da água.

3.3 CENÁRIOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O aproveitamento de água de chuva é uma técnica utilizada desde as civilizações antigas, inicialmente sendo usadas em regiões áridas e semiáridas. Tomaz (2003), relata sobre a ocorrência de cisternas escavadas em rochas, anteriores a 3.000 a.C. Em Israel, encontra-se a famosa Fortaleza de Masada, com reservatórios escavados em rochas com capacidade de até 40.000 m³ de água. Ainda o caso no México que utiliza cisternas que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América.

Segundo Tomaz (2003), em alguns países como Alemanha, Austrália, Estados Unidos e Japão o sistema de aproveitamento de água de chuva gera economia superior a 30% no sistema de abastecimento. Esse valor pode variar de acordo com a área da edificação, tipo do telhado (cerâmica, fibrocimento e metálica) e precipitação.

Tomaz (2003) cita como exemplo, o caso de Tóquio, onde regulamento do governo metropolitano obriga que todos os prédios com área construída maior que 30.000 m² utilizem mais de 100 m³ por dia de água para fins não potáveis, que façam reciclagem da água de chuva e de água servida (lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas).

Contudo, em decorrência da escassez que vem acometendo as populações dos grandes centros urbanos, o aproveitamento de água de chuva ganha força, como medida mitigadora, fazendo parte da gestão moderna dos países desenvolvidos para atenuar o problema da escassez de água no mundo.

O nordeste brasileiro é um exemplo onde à escassez hídrica, frequentes naquela região, e a salinidade das águas subterrâneas são fatores que levam parte da população nordestina a utilizar a água da chuva para suprir as necessidades de uso doméstico e das atividades agrícolas.

Para mitigar os efeitos daquela escassez no nordeste, foi criado o Programa um milhão de Cisternas Rurais (P1MC), iniciativa promovida pela Articulação do Semiárido (ASA), com o objetivo de beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas na região semiárida, com água potável, através da construção de cisternas e fornecer água de chuva para o consumo das famílias, armazenada em cisternas. O modelo

de cisterna adotado pelo Programa é a cisterna cilíndrica de placas de cimento pré-moldadas com capacidade de armazenar 16 mil litros de água.

3.4 COMPONENTES PARA O APROVEITAMENTO

De acordo com Tomaz (2003), para a coleta de água de chuva, é essencial a presença de alguns componentes, como: superfície de captação, calhas e condutores, dispositivos *by pass*, peneira, reservatório e extravasor.

Para Tordo (2004,) a detenção das águas de chuva coletadas nas coberturas das edificações, residências e indústrias, constitui um importante instrumento de gestão dos recursos hídricos capaz de controlar cheias urbanas, reduzir os custos com captação e tratamento de água pelas empresas de saneamento e atuar juntamente com um sistema duplo de distribuição: um para fins menos restritivos e outro para consumo humano direto. A Figura 1 mostra os itens básicos no sistema, específicos para o aproveitamento de água de chuva em zona urbana onde exista abastecimento de água.

Figura 1 – Sistema de Aproveitamento.

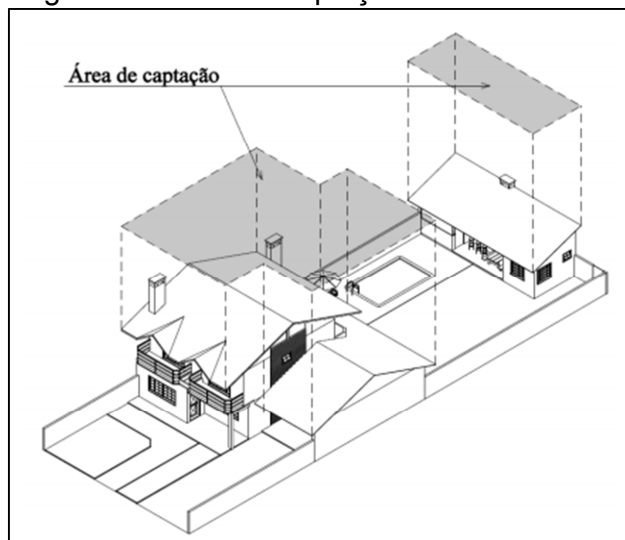


Fonte - Adaptada Dornelles (2012).

3.4.1 Superfície de Captação de Água de Chuva

Segundo ABNT (2007), define que a superfície de captação consiste na projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada Figura 2.

Figura 2 - Áreas de captação



Fonte- Dornelles (2012).

De acordo com Cunliffe (1998), o material utilizado na cobertura interfere na qualidade da água que é captada. Este alerta para o efeito que telhados em fibrocimento, pintados, galvanizados, ou em madeira tratada podem ter na qualidade da água, em especial para o consumo potável que pode ser nocivo a saúde humana e animal. No entanto, para consumos não potáveis os problemas causados pelo tipo de material das superfícies são principalmente de caráter estético, ou seja, podem atribuir alguma coloração à água.

Segundo Tomaz (2011), o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isto usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff (C) que é o quociente entre a água que escoou superficialmente pelo total da água precipitada.

De acordo com o autor supracitado a perda de água de chuva que irá ser considerada é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras. Pois, além da influência qualitativa, o tipo de material da cobertura influencia na parcela de perda volumétrica de água captada. Materiais porosos como telhas de fibrocimento, concreto e cerâmico apresentam maiores

perdas, já as telhas metálicas são as mais eficientes. Segundo Tomaz (2011), para telhados este coeficiente pode ser de acordo com o Quadro 1:

Quadro 1 - Coeficientes de escoamento para telhados.

Material do Telhado	Coeficiente Runoff
Telhas cerâmicas	Entre 0,8 e 0,9
Telhas esmaltadas	Entre 0,9 e 0,95
Telhas corrugadas de metal	Entre 0,8 e 0,9
Cimento amianto	Entre 0,8 e 0,9
Plástico, pvc	Entre 0,9 e 0,95

Fonte: Plinio Tomaz, 2011.

Sendo assim Dornelles (2012), define que dada à variabilidade deste coeficiente (C), portanto o projetista deve ponderar a determinação deste em função dos fatores de riscos. Assim, para o caso de o sistema de aproveitamento de água de chuva garantir o abastecimento deve-se optar por um valor mais baixo, e para atuar como um dispositivo de redução de alagamentos urbanos uma valor mais alto. Podendo ainda ser adotado um valor intermediário, que tenha compromisso em atender parcialmente ambos os quesitos.

3.4.2 Condução Para Armazenamento e Pré-Tratamento

De acordo com a norma técnica brasileira NBR 10844/1989 a condução da água captada nas coberturas da edificação até o reservatório, tradicionalmente e realizado por meio de calhas e tubulações.

Para Tomaz (2011), as calhas e condutores são responsáveis por transportar a água coletada da superfície de captação até os filtros e/ou dispositivos de descarte das primeiras chuvas, se houver, ou diretamente aos reservatórios de armazenamento.

Estes dispositivos de condução podem ser feitos com diversos tipos de materiais, como por exemplo, poli cloreto de vinila – PVC, plástico, metálico e outros materiais que sejam inertes.

Segundo Dornelles (2012), quando se pretende realizar o aproveitamento de água de chuva deve se remover sedimentos e detritos que são carregados junto com

o escoamento. Para isso, existem dispositivos manuais e automáticos, de filtragem e descarte, e ainda dispositivos artesanais ou industrializados, segundo Quadro 2:

Quadro 2 - Dispositivos de pré-tratamento.

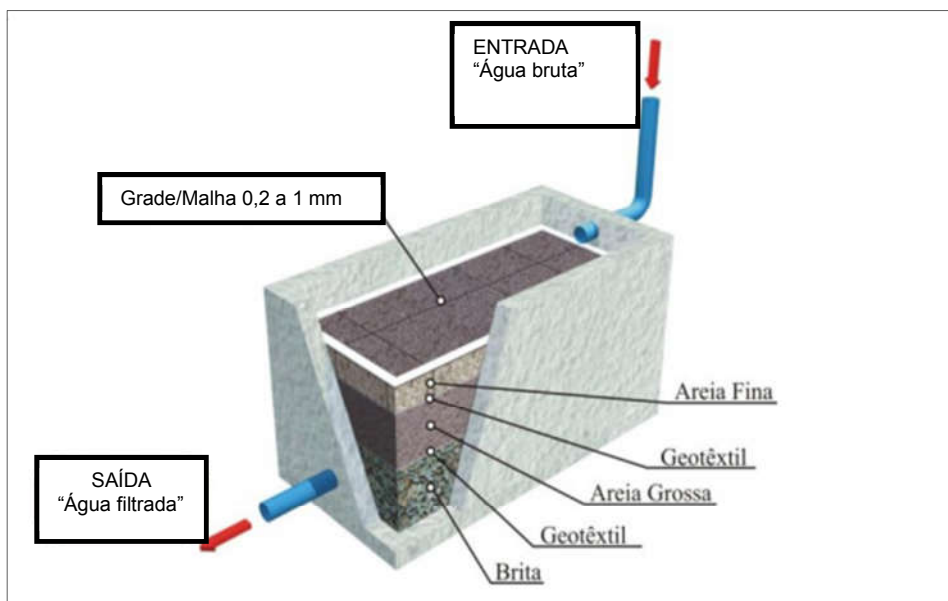
Tipos de dispositivos	
a) Manuais ou automáticos	São classificados quando os dispositivos de pré-tratamento necessitam ou não de alguma operação manual, podendo ser durante a ocorrência de precipitação quanto após.
b) Filtragem ou de descarte	Devido ao cumulo de materiais grosseiros como folhas, galhos, entre outros, é necessário à implantação de filtros nos sistemas de captação de água de chuva, caso não ocorra à filtração destes materiais, os mesmo podem ocasionar a deterioração e obstrução do sistema, e também alteraram a qualidade da água coletada. Portanto os dispositivos de pré-tratamento podem aproveitar todo o volume coletado realizando uma filtragem, como, por exemplo, por caixas de areia (Figura 7).
c) Artesanais ou industriais	Diferenciam-se dos dispositivos de aproveitamento de água de chuva quanto ao seu processo de fabricação, que se utiliza de materiais comuns de construção, e de instalações hidráulicas, e é construído no próprio local, diz se que estes são dispositivos de pré-tratamento artesanais. Por outro lado sendo módulos prontos fabricados que exigem apenas sua instalação no local, diz-se que são dispositivos industriais.

Fonte - Dornelles (2012)

Segundo Tomaz (2007), a água proveniente da superfície de captação é suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos e após três dias de seca os telhados acabam acumulando poeiras, folhas e detritos, sendo aconselhável que o descarte inicial não seja utilizado. E de acordo com o uso destinado para águas de chuvas, se for necessário pré-tratar a água por meio de descarte inicial, adota-se um volume proporcional á área de captação, ou um volume correspondente a um determinado tempo (entre 10 e 20 minutos) do inicio da precipitação.

A Figura 3 mostra a caixa utilizada para filtrar a água em sistema de aproveitamento de água de chuva.

Figura 3 - Caixa de areia.

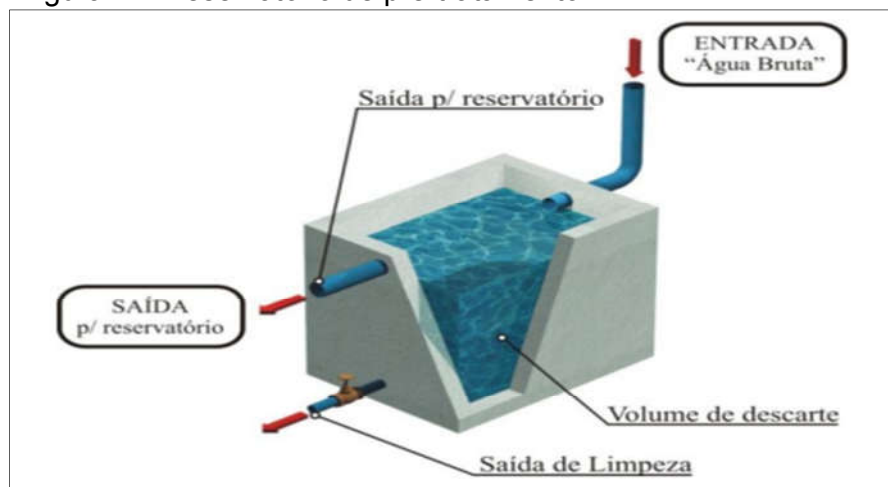


Fonte - Dornelles (2012).

Segundo Dornelles (2012), os pioneiros na introdução de dispositivos industrializados são os países europeus e os Estados Unidos. No entanto, hoje é possível adquirir no mercado brasileiro dispositivo industrializado para pré-tratamento de água de chuva.

Quanto ao volume proporcional à área de captação Tomaz (2003) o volume de descarte deve ter entre 0,8 e 1,5L/m², de acordo com a Figura 4.

Figura 4 – Reservatório de pré-tratamento



Fonte - Dornelles (2012).

3.4.3 Armazenamento

Os reservatórios tem a função de reter e acumular a água de chuva, podendo ser apoiado, semi-apoiado ou enterrado no solo e deve sempre que possível estar localizado o mais próximo dos pontos de consumo.

Segundo Alt (2009), os tipos de reservatórios para água de chuva devem atender as necessidades impostas, a situação econômica, a estética, os objetivos da água, a técnica, a política, as situações sociais, e acima de tudo, o respeito ao meio ambiente.

Além disso, a seleção do tipo de material deve atender também a facilidade de manutenção (limpeza e reparos) e a facilidade da instalação (transporte e forma geométrica).

De acordo com Cunliffe (1998), quanto ao tipo de material dos reservatórios tem se metálico, em fibra de vidro, de plástico e em concreto armado.

De acordo Yoshino (2012), em decorrência da sazonalidade e irregularidade do período chuvoso, faz se necessário considerar a possível falha do sistema de aproveitamento de água da chuva, portanto é necessário projetar um dispositivo que permita a entrada de água potável no reservatório de água de chuva, e assim garantir o abastecimento dos pontos de utilização de água de chuva durante o período de estiagem.

O pleno funcionamento do sistema de captação de água de chuva só ocorrerá mediante as manutenções de todos os seus componentes, e assim mantendo a qualidade da água armazenada nos reservatórios. A NBR 15527/2007 orienta quanto à manutenção em todo o sistema de aproveitamento água de chuva de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2 – Frequência de manutenção.

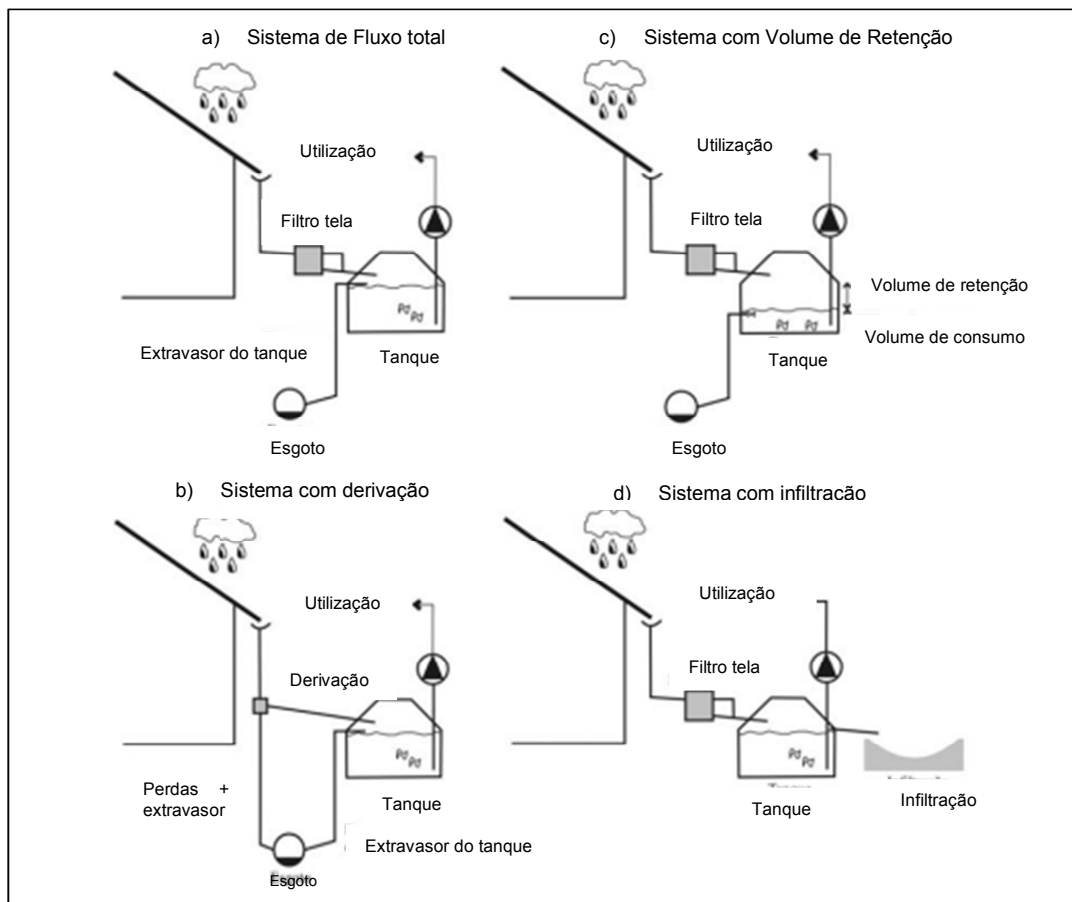
Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte - NBR 15527/2007.

3.5 TIPOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Para Herrmann e Schmida (1999), os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem ser classificados de acordo com as características hidráulicas dos fluxos e dos seus destinos, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva



Fonte - adaptada Dornelles (2012).

Sendo descritos os respectivos sistemas de aproveitamento de água de chuva no Quadro 3:

Quadro 3 – Sistemas de Aproveitamento.

<p>a) Sistema de aproveitamento de água de chuva de fluxo total:</p>	<p>Todo o fluxo do sistema é destinado a um dispositivo de gradeamento e filtragem, e depois ao reservatório, o sistema retorna para a rede pluvial apenas quando o reservatório está cheio.</p>
<p>b) Sistema de aproveitamento de água de chuva com derivação:</p>	<p>Para este sistema são instalados dispositivos que derivam o escoamento de modo que os detritos e sedimentos sejam destinados à rede de drenagem pluvial, estes dispositivos apresentam pouca eficiência durante as precipitações mais intensas, e assim a maior parte da vazão seja destinada a rede pluvial. Também, são conhecidos e de filtros alto-limpantes.</p>

c) Sistema de aproveitamento de água de chuva com retenção:	Diferentemente do de fluxo total por possuir um volume de retenção, onde a água é armazenada temporariamente e escoada lentamente para a rede pluvial, amortecendo, assim, a vazão lançada à rede. O escoamento lento permite que a parcela do reservatório destinada à retenção de vazões fique livre para o próximo evento. E minimização de alagamentos urbanos.
d) Sistema de aproveitamento de água de chuva com infiltração:	Uma alternativa para o lançamento dos extravasamentos à rede pluvial é a destinação destes volumes excedentes para um dispositivo de infiltração. Sempre que possível este é o sistema mais adequado, pois independe da existência e das condições da rede pluvial, e recarrega os reservatórios de água subterrânea contribuindo para o restabelecimento dos fluxos hidrológicos naturais.

Fonte – Adaptado de Dornelles (2012)

3.6 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Para Fendrich (2009), o aproveitamento da água da chuva é um sistema relativamente simples que consiste na captação, filtragem, armazenamento e distribuição da água que cai no telhado da edificação, cuja tecnologia para o uso nas edificações é a soma das seguintes técnicas:

- a) coleta da água da chuva que precipita no telhado;
- b) eliminação da água do início da chuva;
- c) instalação de unidades de sedimentação, filtragem, tratamento e melhoria da qualidade da água;
- d) armazenamento da água da chuva em reservatórios;
- e) abastecimento aos locais de uso;
- f) drenagem do excesso da água da chuva;
- g) complementação caso de estiagem prolongada.

Por sua vez, quanto à concepção do projeto do sistema de coleta da água de chuva, este deve atender as normas técnicas, ABNT – NBR 5626 e NBR 10844.

Ainda deve constar o alcance do projeto, a população ser atendida, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região.

Os métodos sugeridos pela norma brasileira e outros métodos encontrados na literatura destacam-se:

3.6.1 Método Prático Alemão (ABNT, 2007)

Trata-se de um método onde se toma de 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável, Equação (1).

$$V_{adotado} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (1)$$

Sendo:

- V É o Volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em Litros (L);
- D É a demanda anual de água não potável, expresso em Litros (L);
- $V_{adotado}$ É o volume de água do reservatório, expresso em Litros (L).

3.6.2 Método Prático Inglês (ABNT, 2007)

Neste método o volume do reservatório é obtido pela aplicação empírica, que adota diretamente 5% do volume anual de água pluvial captado, obtida pela Equação (2).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (2)$$

Sendo:

- P É a precipitação média anual, expressa em milímetros (mm);
- A É a área de coleta em projeção, expressa em metros quadrados (m^2);
- V É o volume do reservatório, expresso em litros (L).

3.6.3 Método Prático Australiano (ABNT, 2007)

O volume de chuva é obtido pela Equação (3).

$$Q = A \times C \times P \times (P - I) \quad (3)$$

Sendo:

- Q É o volume de chuva mensal, expressa em metros cúbicos (m^3);
 A É a área de coleta em projeção (m^2);
 C É o *coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80*;
 P É o volume de precipitação média mensal, expressa em metros (m);
 I É a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório, dado pela Equação (4).

$$V_{(t)} = V_{(t-i)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (4)$$

Onde:

- $Q_{(t)}$ É o volume mensal produzido pela chuva no mês t ;
 $V_{(t)}$ É o volume de água que está no tanque no fim do mês t ;
 $V_{(t-i)}$ É o volume de água que está no tanque no início do mês t ;
 $D_{(t)}$ É a demanda mensal.

3.6.4 Método de Rippl (ABNT, 2007)

O método de Rippl consiste num balanço de massa, podendo ser utilizados dados de precipitação mensal ou diário. A utilização de dados mensais implicará em reservatórios maiores. Assim, recomenda-se que, quando possível, sejam utilizados dados diários. Obtidos pelas Equações (5) e (6), respectivamente.

$$Q_{(t)} = P_{(t)} \times A \times C \quad (5)$$

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (6)$$

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

Onde:

- $S_{(t)}$ É o volume de água no reservatório no tempo t ;
 $Q_{(t)}$ É o volume de chuva captada no tempo t ;
 $D_{(t)}$ É a demanda ou consumo no tempo t ;
 $P_{(t)}$ É a Precipitação no tempo t ;

C	É o coeficiente de escoamento superficial;
A	É a área de captação;
V	É o volume do reservatório.

3.6.5 Método da Simulação (ABNT; 2007)

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a Equação da continuidade a um reservatório finito, obtidos pelas Equações (7) e (8), respectivamente.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (7)$$

$$Q_{(t)} = C \times Precipitação_{(t)} \times Área \ de \ Captação \quad (8)$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$	É o volume de água no reservatório no tempo t;
$S_{(t-1)}$	É o volume de água no reservatório no tempo t - 1;
$Q_{(t)}$	É o volume de chuva no tempo t;
$D_{(t)}$	É o consumo ou demanda no tempo t;
V	É o volume do reservatório fixado;
C	É o coeficiente de escoamento superficial.

Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras”.

3.6.6 Método Iterativo

O Método Iterativo é uma adaptação do Método de Rippl, proposta por Anecchini (2005), onde é utilizado o mesmo procedimento de balanço de massa utilizado no Método de Rippl, mas com a diferença de que nesse caso, o projetista pré-determina a dimensão do reservatório.

“No Método Iterativo é feito o cálculo do volume de chuva captável por mês e por ano do sistema, colocando esse dado à disposição do programador, para que o mesmo possa tê-lo como

base, de forma que nenhum volume acima do mesmo seja pré-determinado. Uma vez previsto um valor inicial para o volume do reservatório pelo programador, este verifica se o percentual de demanda atendida está satisfatório. Caso não esteja o programador altera o volume do reservatório, até encontrar um volume ideal, o qual vai variar de acordo com as possibilidades físicas e financeiras de cada empreendimento” Anecchini (2005) pagina 150.

Portanto este método permite a determinação mais precisa do reservatório, devido o mesmo poder variar as dimensões e também levar em consideração os possíveis gastos e economias com as variações das dimensões do reservatório.

3.6.7 Método Simulação de Monte Carlo

Segundo Anecchini (2005), este método consiste em simular um experimento com a finalidade de determinar propriedades probabilísticas de um conjunto de dados, a partir de uma nova amostragem aleatória dos componentes desses dados. Para Tomaz (2003), o cálculo de armazenamento de água de chuva, este método é utilizado juntamente com modelos de cálculo de volume de reservatórios de armazenamento, obtendo-se séries sintéticas de chuva, a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento a demanda.

3.6.8 Método baseado na Lei Municipal 10785/03 – Curitiba

A Lei 10785/03 do Município de Curitiba - PR estabelece que nas edificações habitacionais o dimensionamento do volume necessário para a cisterna ou reservatório deverá ser calculado mediante a aplicação da Equação (9).

$$V = N \times C \times d \times 0,25 \quad (9)$$

Onde:

- V É o volume em litros;
- N É o número de unidades habitacionais;
- C É o consumo diário em litros/dia;

D É o número de dias de reserva = 2;

Cabe ressaltar que o consumo diário C é obtido conforme o número de quartos da edificação, sendo estabelecidos pela legislação os seguintes valores:

- a) para um quarto – 400 litros;
- b) para dois quartos – 600 litros;
- c) para três quartos – 800 litros;
- d) acima de quatro quartos – 1000 litros.

3.6.9 Método Prático Brasileiro (Azevedo neto ABNT, 2007).

Trata-se de um método prático, que visa obter o volume de reservação diretamente, através da Equação (10).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (10)$$

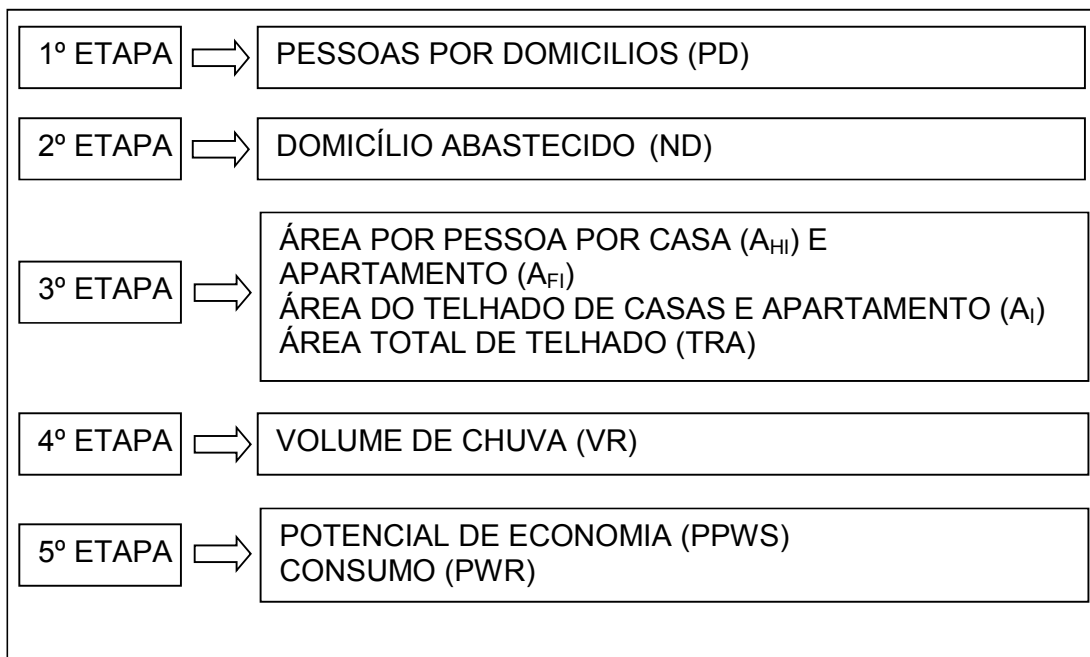
Sendo:

- V É o volume do reservatório, expressa em litros (L);
- P É a precipitação média anual, expressa em milímetros (mm);
- A É a área de coleta em projeção, expressa em metros quadrados (m^2);
- T É o número de meses por ano sem precipitação ou de estiagem.

3.6.10 Método Ghisi et al. (2006)

Outro método para o aproveitamento de água de chuva é determinado por Ghisi et al. (2006), este método em relação aos apresentados anteriormente, tem como destaque a possibilidade de se poder determinar a área de captação para o aproveitamento de água, sendo este método aplicado para centros urbanos, onde não há informações oficiais sobre o total de área coberta que podem ser utilizados como área para a captação de água de chuva, além deste, pode se também determinar os potências de aproveitamento de água de chuva e bem como o de economia de água potável. Este método desenvolvido em 5 etapas, de acordo com quadro 4.

Quadro 4 – Método de Ghisi et al. (2006)



Sendo assim descritas as etapas para o desenvolvimento da metodologia a seguir:

1º etapa: Obtenção do Número de Pessoas por Domicílio (PD).

O número de pessoas por domicílios pode ser obtido por meio da Equação (11):

$$PD = \frac{PC}{NDC} \quad (11)$$

Onde:

- PD É o número de pessoas por domicílio;
- PC É a população;
- NDC É o número de domicílios.

2º etapa: Obtenção do Número de Domicílios Abastecidos Pelo Serviço de Água.

A determinação do número domicílios que são atendidos pela concessionária de abastecimento de água potável é dado pela Equação (12):

$$ND = \frac{NP}{PD} \quad (12)$$

Onde:

- ND É o número de domicílios abastecidos pelo serviço de água;
NP É o número de pessoas atendidas com água potável;
PD É o número de pessoas por domicílio.

3º Etapa: Obtenção da Área Total do Telhado.

A determinação da área de telhados pode ser obtida por meio de três etapas:

A primeira etapa consiste na determinação da área por pessoa vivendo em casa e apartamento na região, por meio das Equações (13) e (14).

$$A_{Hi} = \frac{A}{P_i} \quad (13)$$

$$A_{Fi} = \frac{A}{P_i} \quad (14)$$

Onde:

- A_{Hi} É área do telhado por pessoa vivendo em casas na região, expressa em metros quadrados por pessoa (m²/pessoa);
 A_{Fi} É área do telhado por pessoa vivendo em apartamentos na região, expressa em metros quadrados por pessoa (m²/pessoa);
 A É área do telhado de casas ou apartamentos, expressa em metros quadrados (m²);
 P_i É o número de pessoas por casa e apartamentos na região.

A segunda etapa consiste na determinação da área do telhado de casas e apartamentos, por meio da Equação (15).

$$A_i = \frac{HA_{Hi} + FA_{Fi}}{100} \quad (15)$$

Onde:

- A_i É a área média ponderada do telhado por domicílio em cada cidade (m²);
 H É a porcentagem de casas em cada cidade;

F É a porcentagem de apartamentos em cada cidade.

A terceira etapa consiste na determinação da área total do telhado (TRA) (m²), considerando-se somente a população atendida pelo serviço de água, pode ser calculada por meio da Equação (16):

$$TRA = A_i \times ND \quad (16)$$

Onde:

ND é o Número total de residências atendidas pela concessionária de abastecimento de água potável.

4º Etapa: Obtenção do Volume de chuva

O volume de água de chuva, que pode ser coletado é dado pela Equação (15):

$$VR = \frac{R \times TRA \times R_c}{1000} \quad (17)$$

Onde:

VR É o volume mensal de chuva que poderia ser coletado (m³/mês);
R É a precipitação média mensal (mm/mês);
TRA É a área total em cada cidade (m²);
R_c É o coeficiente de runoff;
1000 É o fator de conversão de litros para m³.

5º Etapa: Potencial de Economia de Água Potável.

O potencial mensal de economia de água potável é obtido através da Equação (18):

$$PPWS = 100 \frac{VR}{PWR} \quad (18)$$

Onde:

PPWS É o potencial de economia de água potável (%);
PWR É o consumo de água potável mensal (m³/mês).

3.7 USOS DA ÁGUA

De acordo com Programa de Pesquisa em saneamento básico (PROSAB), o consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto o uso externo às residências. As atividades de limpeza e higiene são as principais responsáveis pelo uso interno, enquanto o externo deve-se à irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros.

Estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que dentro de uma residência o maior consumo de água concentra-se na descarga dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos. Em média, 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis.

Segundo Anecchini (2005), a água destinada ao consumo humano apresenta dois usos distintos para higiene pessoal, para beber e na preparação de alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis, e a outra para usos não potáveis, como na lavagem de roupas, louças, carros, irrigação de jardins, na descarga de vasos sanitários e lavagem de pisos em geral.

De acordo com Rodrigues (2005), na cidade de Vitória, a porcentagem desse consumo é bem similar, correspondendo a aproximadamente 85% desse total.

Segundo Gonçalves (2006), o consumo de água residencial pode constituir mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Na região metropolitana de São Paulo, o consumo de água residencial corresponde a 84,4% do consumo total urbano (incluindo também o consumo em pequenas indústrias).

Por sua vez, a ONU informa que uma pessoa necessita de 3,3 m³/mês (cerca de 110 litros de água por dia) para atender suas necessidades de consumo e higiene. No Brasil o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no diagnóstico dos serviços de água e Esgoto 2013, informa que o consumo médio de água no Brasil é de 166,3 litros por habitante por dia.

Yoshino (2012) concluiu em seus estudos para aproveitamento de água pluvial que o percentual de água potável que pode ser substituído por água de chuva é entorno de 65%, levando em conta que o uso de água de chuva será destinado de em descargas de vaso sanitário, mictórios, torneiras de tanques usadas para limpeza geral do prédio, irrigação de jardins e lavagem de carros.

Para Flores *et al.* (2012), a caracterização de consumo para avaliar, se a captação de água de chuva necessária para suprir a necessidade dos habitantes de

uma residência é importante para definir o propósito de um sistema de captação. O sistema, se não suprir completamente a demanda, ainda é útil como complemento para o sistema convencional de abastecimento.

3.8 COBRANÇA PELA ÁGUA POTÁVEL EM BELÉM

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento de abastecimento de água e esgoto de Belém, a política tarifária vigente na cosanpa a partir de Janeiro de 2016, está dividida em categorias residencial, publica comercial e industrial e o valor cobrado é de acordo com a faixa de consumo. Quanto ao valor cobrado, tem se que consumidor paga do total faturado 40% pela água e os 60% corresponde à taxa de coleta e tratamento de esgoto, de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 – Tarifas vigentes COSNAPA (2016).

Tabela tarifária a partir de 23/janeiro/2016			
CATEGORIA	Faixa de consumo (m³)	Valor da água (R\$/m³)	Valor do esgoto (R\$/ m³)
Residencial	0-10	1,68	1,01
	11-20	2,40	1,44
	21-30	3,22	1,93
	31-40	3,62	2,17
	41-50	5,02	3,01
	> 50	6,52	3,91
Comercial	0-10	5,02	3,01
	> 10	6,26	3,76
Industrial	0-10	6,26	3,76
	> 10	8,02	4,81
Pública	0-10	5,02	3,01
	>10	6,26	3,76

Fonte: COSANPA

De acordo com Fenzl *et al.* (2010) a atual politica tarifaria da COSANPA (2016), se apresenta na forma de taxas e isenções para alguns clientes, sendo que na grande maioria dos casos há critérios sociais para a autorização do pagamento de taxas ou a simples isenção de cobrança.

3.9 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE BELÉM-PA

Atualmente a Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA gerencia o abastecimento de 56 setores (19 com água de manancial superficial e 37 setores

com água de manancial subterrâneo). Com o crescimento desordenado da área urbana e a deficiência do controle operacional, alguns limites dos setores de abastecimento de água foram descaracterizados ou tiveram violados seus limites operacionais. Algumas áreas foram também invadidas, e por vezes, abastecidas regular ou irregularmente pela companhia.

De acordo com o plano municipal de saneamento de Belém aproximadamente 70% da população da região metropolitana de Belém é abastecida com água proveniente de mananciais superficiais. Sendo este sistema constituído por 2 unidades de captação de água bruta (Bolonha e Utinga), 3 estações de tratamento de água (Bolonha, São Braz e 5º setor) e duas zonas de reservação e distribuição de água, no caso a Zona Central e a Zona de Expansão.

Com relação ao tipo de abastecimento de água, os setores da Região Metropolitana de Belém apresentam:

- a) 9 setores da Zona Central são abastecidos com água superficial;
- b) 10 setores da Zona de Expansão abastecidos de água proveniente de manancial superficial;
- c) 37 setores abastecidos de água proveniente de manancial subterrâneo (poços).

Os 19 setores de abastecimento que utilizam água proveniente do mesmo manancial superficial são denominados de integrados por terem unidades comuns de captação, adução, elevação e tratamento. Os outros setores não apresentam nenhuma unidade comum, sendo abastecidos por água subterrânea e denominados de sistemas isolados.

De acordo com Fenzl (2010), a cobrança de água pela cosanpa obedece a certos critérios desde a classificação dos usuários por economia até a formalização da tarifa da água.

A classificação dos usuários é feita por categorias (tais como residencial, comercial, pública e industrial), divididas em subcategorias que levam em consideração o tipo de imóvel, números de pontos de água fria, as atividades comerciais e indústrias.

3.10 ASPECTOS LEGAIS – LEGISLAÇÃO

De acordo com Dornelles (2012), a regulamentação das águas pluviais no Brasil ainda é recente, sendo praticado juntamente com o crescimento do interesse em uso racional da água. A regulamentação tem como intuito incentivar, padronizar, obrigar ou ainda proibir, a coleta e utilização de água de chuva.

De acordo com o autor supracitado as recomendações apresentadas nos documentos são frequentemente obtidas de maneira empírica, sem fornecer informações como, nível de atendimento e eficiência. Em algumas regulações falham por não preverem situações de conflito e exceções, por exemplo, como será cobrado o esgoto pelo uso da água de chuva, a partir de que área de lote o proprietário passar a ser obrigado a aproveitar água de chuva, de que forma será a fiscalização e as punições cabíveis.

A Tabela 3 apresenta algumas legislações para aproveitamento de água de chuva regulamentadas no Brasil.

Tabela 3 - legislações para aproveitamento no Brasil.

LEGISLAÇÃO	LOCAL DE APLICAÇÃO	OBJETIVO
LEI Nº 10.785 de 18 de Setembro de 2003.	Curitiba/PR	“Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de águas nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água”.
LEI Nº 9.802/00	Curitiba/PR	Institui e incentiva para a implantação de programas habitacionais de interesse social, para proprietário de imóveis localizados no âmbito de seu território. “Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e armazenada em uma cisterna ou tanque, que para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: Rega de jardins e hortas, Lavagem de roupa, Lavagem de vidros, calçados e pisos.
Decreto nº 293 de 22 de março de 2006	Curitiba/PR	“Art. 2º Para licenciamento de construções no Município, fica obrigatória no projeto de instalações hidráulicas seja prevista a implantação de mecanismo de captação de águas pluviais, nas coberturas das edificações, as quais deverão ser armazenadas para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água tratada”.
LEI Nº 4.631/2007	Cascavel/PR	“Art. 1º Fica Instituído o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água e Reuso em Edificações, que tem por objetivo instituir medidas de induzam à conservação, uso racional e a utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.”
Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT Nº 15.527/2007	Brasil	Fornecer requisitos para o aproveitamento de água de chuva em coberturas localizadas em área urbanas para fins não potáveis.
LEI Nº 10.506, de 05 de Agosto de 2008.	Porto Alegre/RS	Art. 1º “Fica Instituído o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas”.

Em decorrência do problema de escassez hídrica alguns países já adotam medidas para amenizar esta crise. A Tabela 4 apresenta essas iniciativas em alguns países, em relação à que tratam sobre o controle de enchentes, conservação da água e o uso racional da água.

Tabela 4 - Legislação de alguns países aproveitamento.

LEGISLAÇÃO	LOCAL DE APLICAÇÃO	OBJETIVO
Diretriz Européia 98/83 EG do Concil for the Quality of Water for Human Consumption	Alemanha	Não estabelecer restrições para o uso da água de chuva em residências, bacias sanitárias, limpeza de jardim, lavagem de roupas ou limpeza em geral.
Regulamento de 1984	Tokyo - Japão	Obriga que todo prédio com área construída maior que 30.000 m ² ou quando o prédio use mais de 100m ³ /dia de água não potável, deverá ser feito a reciclagem da água de chuva e da água servida.
Regulamento de 1993	Tokyo - Japão	Obriga a instalação de reservatório de retenção para evitar enchentes em terrenos de área superior a 10.000 m ² ou quando o edifício tenha mais que 3.000 m ² de área construída.
Regulamento 121/1995-96	China - Província de Gansu	Em 1995/96, é implementado pelo governo o Projeto de Captação de Água Pluvial 121: Construção de um campo de captação de água pluvial e de dois tanques de armazenamento de água e atribuição de uma porção de terra para o crescimento de culturas (UNEP, 2006).
Lei Nº 10.597/2008	Cidade de Tcson - EUA	Obriga todos os novos edifícios comerciais, construídos a partir de janeiro de 2010, a preverem sistema de aproveitamento de água de chuva.

Fonte – Yoshino, 2012.

3.11 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Segundo Hirschfeld (1992), o estudo de viabilidade de um empreendimento é a apreciação de um projeto a ser executado a fim de verificar sua justificativa, tomando-se em consideração os aspectos jurídicos, administrativos, comerciais, técnicos e financeiros. Complementa ainda que a máxima eficiência técnica só é conseguida se for demonstrada a máxima eficiência financeira. Então, deve-se procurar uma eficiência técnica da engenharia compatível com a eficiência financeira.

De acordo com Fendrinch (2002), a viabilidade econômica do uso da água de chuva em edificações é caracterizada pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com a água potável e a redução do risco de enchentes.

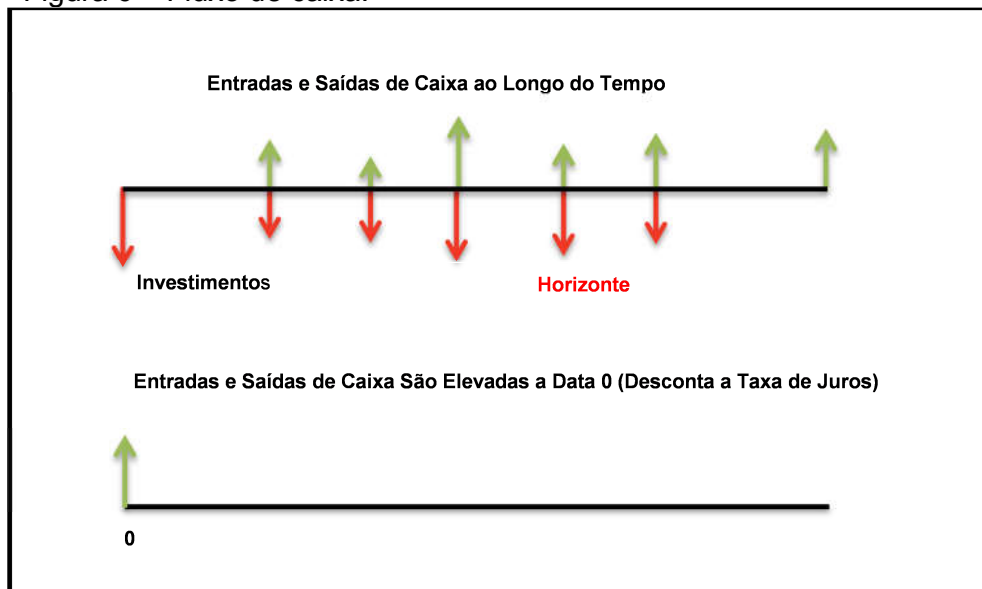
De acordo Campos *et al.* (2003), em estudo realizado na implantação de um sistema de captação em águas pluviais na cidade de Ribeirão Preto, avaliou o levantamento dos custos do sistema e comparando com os dados de economia de água, concluiu que em 5 anos e 9 meses, o sistema estaria pago pela economia na conta de água.

Segundo Silva (2007), em sua pesquisa, concluiu que, em se tratando de fluxo de caixa dos projetos, dificilmente se recuperaria o investimento inicial ao longo de 30 anos se considerar as despesas de manutenção e operação do empreendimento.

3.12.1 Valor Presente Líquido – VPL

Segundo Padoveze *et al.* (2005), a medida do VPL representa a diferença entre os fluxos de caixas, trazidos a valor presente pelo custo de oportunidade do capital e o investimento inicial, como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxo de caixa.



Fonte: Oliveira, 2008.

De acordo com Zanin *et al* (2009), as vantagens e desvantagens do VPL são apresentadas no Tabela 5.

Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens do VPL.

Vantagens e desvantagens do VPL	
Vantagens	Desvantagens
Leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, desconta os fluxos de caixa corretamente.	Depende da determinação do custo de capital.
Os VPLs podem ser somados, ou seja, o VPL utiliza os fluxos de caixa do projeto, onde outros enfoques ignoram fluxos de caixa além de certa data.	Supõe que a taxa de desconto seja a mesma para todo o período do projeto.
Dependem apenas dos fluxos de caixa e do custo de capital.	É um conceito de mais difícil assimilação pelos empresários do que uma taxa de retorno.

Fonte – Zanin *et al*. (2009).

No entanto, Athayde Júnior *et al* (2008), concluiu que o sistema de aproveitamento de águas pluviais foi viável economicamente para todos os cenários de cobrança de tarifas do padrão alto de residências.

Isso decorre da maior demanda por águas não potáveis e do valor mais elevado da tarifa. Para o padrão alto, reservatórios com maiores capacidades de armazenamento fornecem um maior retorno do investimento financeiro para qualquer que seja o cenário da cobrança de tarifas.

Embora não se tenham indicadores econômicos atrativos para o cenário atual de cobrança de tarifas para os padrões popular e médio, deve-se considerar que os possíveis aumentos que a água sofrerá nos próximos anos diminuirão o período de retorno e aumentarão o benefício/custo e o VPL.

YWASHIMA (2005), diz que, dentro do critério de maximização dos benefícios a alternativa que oferecer o maior VPL será a mais atrativa.

Quando as alternativas de projeto possuem os mesmos benefícios, aquela que proporcionar menos custos envolvidos será a mais atrativa.

E a avaliação, exclusivamente econômica, do VPL é dada por:

VPL > 0, o projeto é atrativo;

VPL = 0, o projeto é indiferente;

VPL < 0, o projeto é não atrativo.

De acordo com YWASHIMA (2005), e Oliveira (2008), A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que iguala à zero o valor presente líquido (VPL) de um projeto, ou seja, é a taxa de desconto que iguala o valor presente dos benefícios de um projeto ao valor presente dos seus custos. Dada pela Equação (19).

$$VPL = \left[\sum_{j=1}^n \frac{E \times (1 + i_A)^j - C \times (1 + i_E)^j}{(1 + i)^j} \right] - INV$$

Onde:

VPL: valor presente líquido, em reais;

j: período temporal de avaliação (considerado anual);

n: número de períodos considerados (considerado a vida útil dos sistemas);

E: economia gerada pelos sistemas, considerando a redução do volume de consumo de água potável, em reais;

C: custos dispendidos com os sistemas, como operação e manutenção, em reais;

INV: custo do investimento inicial dos sistemas, em reais;

i: taxa de juros considerados;

iA: taxa de aumento da tarifa de água potável da concessionária (anual);

iE: taxa de aumento da tarifa de energia elétrica da concessionária (anual).

3.12.2 Taxa Interna De Retorno – TIR

Segundo YWASHIMA (2005), o indicador é uma taxa percentual que adverte o retorno por período (ano, mês etc.) de um dado investimento. O projeto será considerado viável se a TIR for igual ou superior a do custo de oportunidade do capital. Dado pela Equação (20).

$$VPL = \left[\sum_{j=1}^n \frac{E}{(1+i)^j} - \frac{C}{(1+i)^j} \right] - INV = 0 = VPL \quad (20)$$

Onde:

i: taxa de juros a ser avaliada, que neste caso, zerando o VPL, é a taxa interna de retorno.

3.12.3 *Payback*

Segundo Cavalcante (1998), é o método que mostra o tempo que a empresa precisará para recuperar o capital investido por meio dos ganhos que o investimento proporcionará.

De acordo com Contador (2000), os projetos são classificados de acordo com o menor número de períodos necessários para recuperar o investimento, ou seja, quanto menor o *payback* (período de retorno), melhor é o projeto. É também muito utilizado porque fornece a ideia de liquidez e segurança dos projetos, nesse caso, quanto menor o *payback*, maior é a liquidez do projeto e, conseqüentemente, menor o risco envolvido.

Para Samanez (2007), esse método possui, porém, algumas limitações. Uma delas é não considerar o valor do dinheiro no tempo e a outra é que ele considera o fluxo de caixa somente durante o período de *payback* e não posterior.

Segundo Assaf Neto e Lima (2011), há três tipos de *payback* utilizados: o *payback* efetivo e o *payback* médio, que são mais simples de ser calculados, porém não levam em consideração o valor do dinheiro no tempo, e o *payback* descontado, que incorpora o conceito do valor do dinheiro no tempo.

Ainda Assaf Neto e Lima (2011), no *payback* efetivo são somados as entradas de caixa até o período em que for atingido o capital investido e, dessa forma, tem-se o tempo de *payback*. No *payback* médio são somadas todas as entradas de caixa do projeto e divididas pelo período em que essas entradas foram registradas. Depois esse valor médio é utilizado como divisor do investimento inicial e assim obtém-se o período necessário para recuperar o capital.

Para Assaf Neto e Lima (2011), o *payback* descontado traz o conceito de valor do dinheiro no tempo porque traz os fluxos de caixa gerados pelo investimento ao mesmo momento de tempo, ou seja, ao valor presente através da aplicação de uma taxa de desconto aos fluxos de caixa.

Para calcular esse tipo de *payback* Frezatti (2008), afirma que é necessário, em primeiro lugar, trazer todas as entradas ao valor presente, descontado desses fluxos o custo de oportunidade, que é a taxa de juros que representa a rentabilidade mínima que a empresa exige obter de retorno para aceitar o projeto. Neste caso o

fluxo de caixa ajustado, aplicando-se essa taxa, será reduzido com relação ao fluxo nominal e com isso o payback será maior.

Dessa forma pode-se dizer que o payback e a taxa do custo de oportunidade são diretamente proporcionais, pois quando um deles é reduzido, há a redução do outro também. De acordo com Motta e Calôba (2009, p. 105), afirmam que “o payback descontado depende da taxa de desconto considerada”.

Para a realização do cálculo, Assaf Neto e Lima (2011), indicam como fórmula de cálculo a Equação (20) para cada entrada de caixa:

$$\text{Payback} = (\text{Investimento}) + \frac{\text{Fluxo De Caixa Descontado}}{(1 + \text{Taxa de juros em } n^{\circ} \text{ decimal})} \quad (20)$$

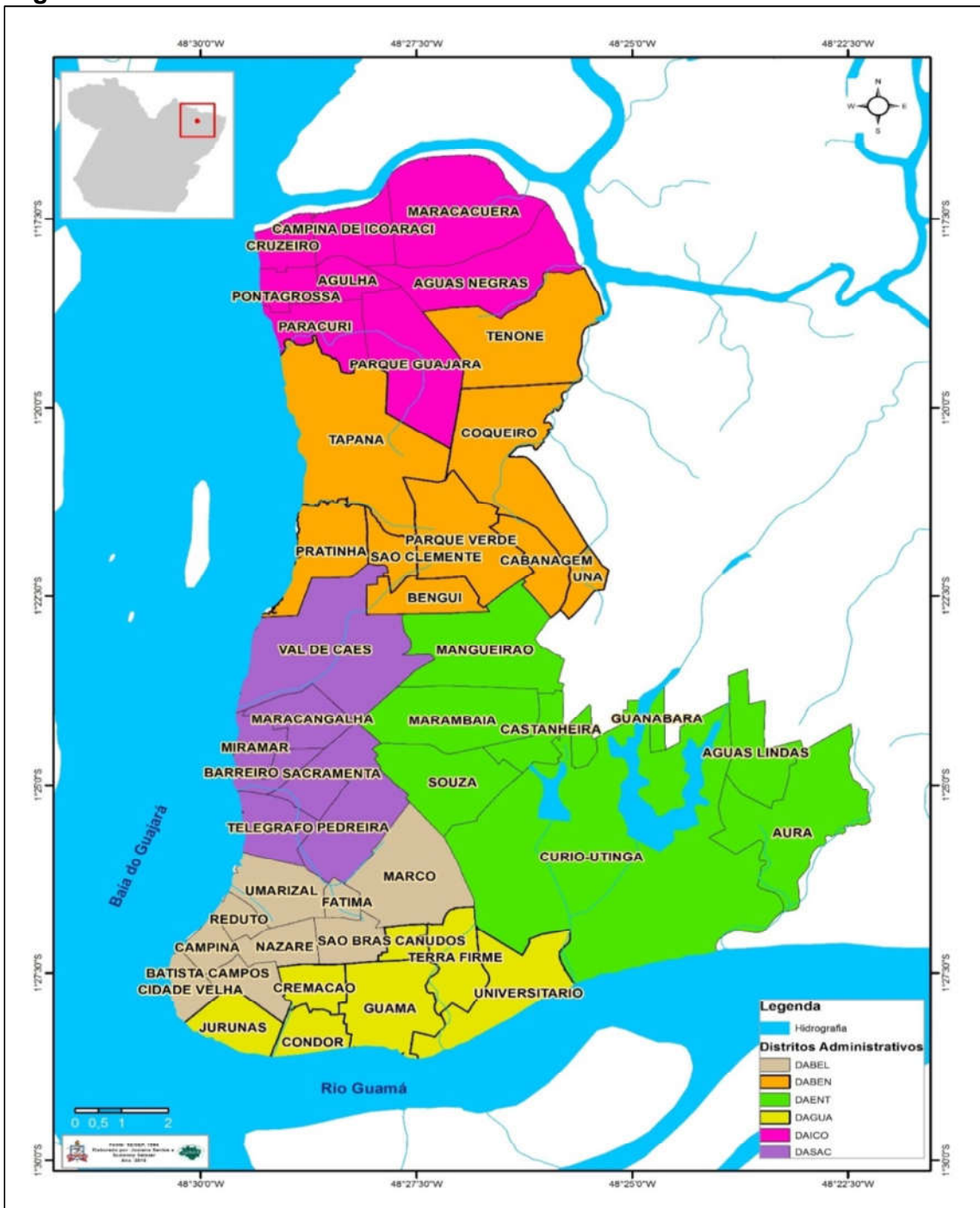
De acordo com Assaf Neto e Lima (2011), o resultado desse cálculo é utilizado como investimento para o cálculo da próxima entrada de caixa até que se atinja o valor do capital investido. Contudo, o ideal é utilizar esse método como auxiliar para tomada de decisão, como desempate quando os projetos geram o mesmo valor e não de forma isolada, pois ele não considera os valores após o período de payback.

4 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na cidade de Belém-PA, que está situada na região equatorial (1°27'S e 48°28'W), ao sul às margens do Rio Guamá, a oeste pela Baía do Guajará, ao norte com o furo do Maguari e a leste se limita com o município de Ananindeua-PA. Possui uma população de 1.393.399 habitantes (IGBE, 2010), com uma área urbana de unidade territorial de 1.059,406 km² e densidade demográfica de 1.315,26 hab. / km².

Segundo a Companhia de Desenvolvimento e de Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM, 2014), Belém apresenta a seguinte divisão administrativa: Distrito Administrativo de Belém – DABEL; Distrito Administrativo do Guamá – DÁGUA; Distrito Administrativo do Benguí – DABEN; Distrito Administrativo da Sacramento – DASAC; Distrito Administrativo de Icoaraci – DAICO; Distrito Administrativo do Entroncamento – DAENT; Distrito Administrativo de Outeiro – DAOUT; Distrito Administrativo de Mosqueiro – DAMOS. Belém possui atualmente 71 bairros e um território de 50.582,30 ha, sendo a porção continental correspondente a 17.378,63 ha ou 34,36% da área total, e a porção insular composta por 39 ilhas, que correspondem a 33.203,67 ha ou 65,64%. A Figura 7 destaca a região de estudo com os distritos administrativos e seus respectivos bairros.

Figura 7 – Área de estudo.



Fonte: Santos (2014).

5 MATERIAL E MÉTODOS

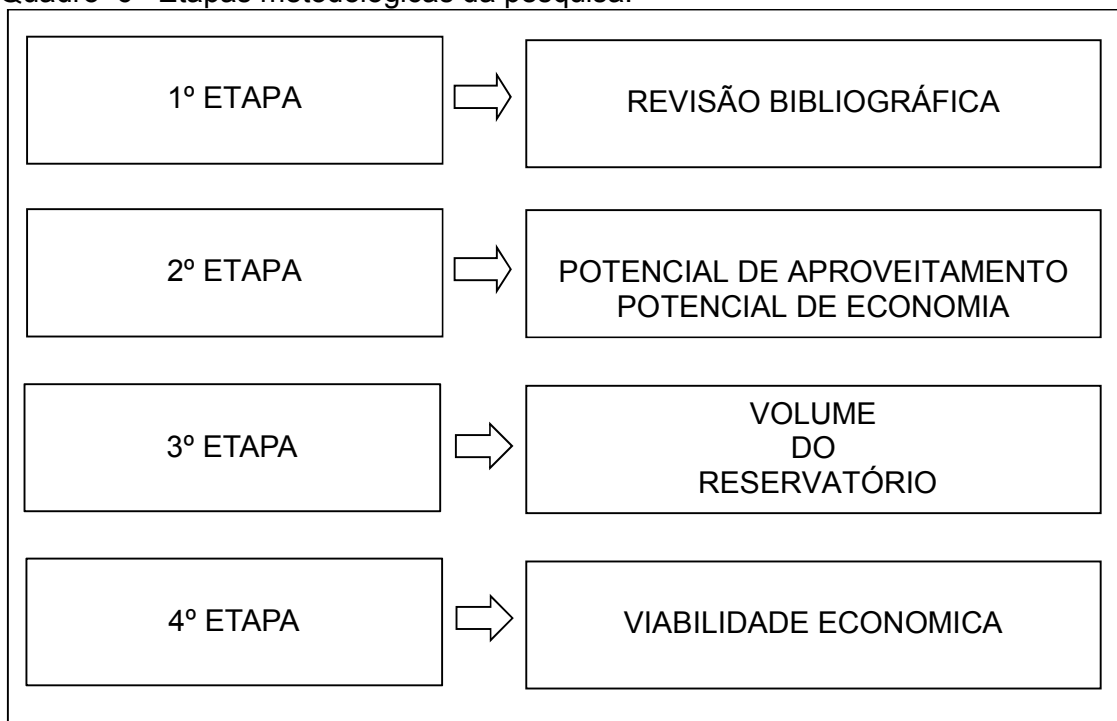
A estrutura metodológica deste estudo foi realizada em quatro etapas, na qual a primeira etapa correspondeu à fundamentação teórica, destacando se os itens: a formulação do cálculo do potencial de aproveitamento de água de chuva; a economia de água potável; a metodologia desenvolvida por Ghisi et al. (2006) e o estudo de viabilidade econômica.

Por sua vez na segunda etapa de posse dos dados pluviométricos; o número de pessoas por domicílios; domicílios atendidos pela concessionária e da área total de capitação para Belém determinou se o potencial de aproveitamento de água de chuva e o potencial de economia de água potável, através do método de Ghisi et al. (2006).

Para a terceira etapa determinou se o volume do reservatório para armazenar água de chuva, sendo este obtido através do método iterativo.

Na quarta etapa realizou se o estudo da viabilidade econômica para a sociedade e qual o impacto para a concessionária de abastecimento de água potável. Sendo assim, o quadro 6 apresenta as etapas nas quais ilustram a metodologia desta pesquisa.

Quadro 6– Etapas metodológicas da pesquisa.



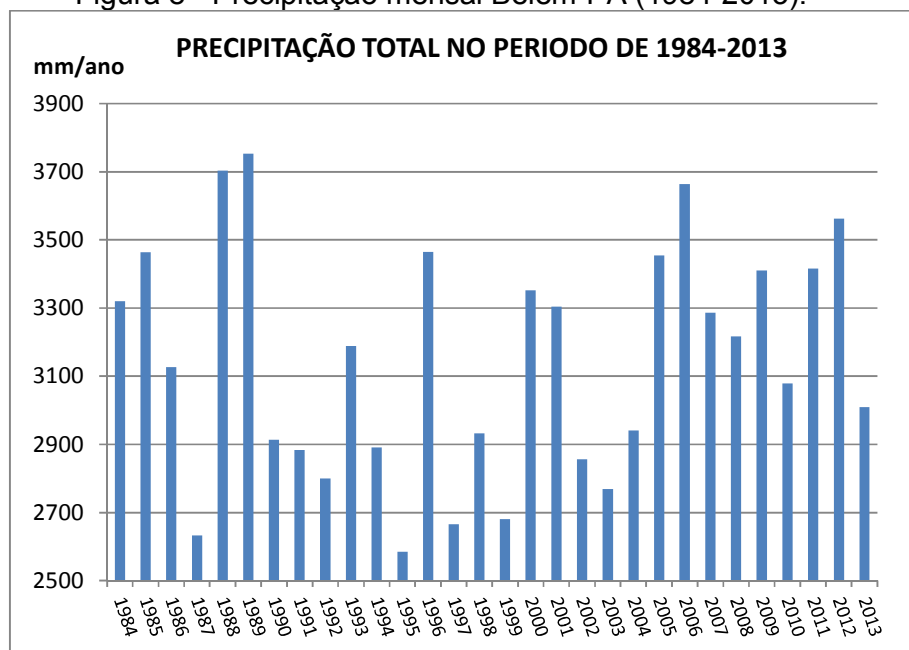
6 RESULTADOS

6.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos foram obtidos da estação do 2º Distrito Meteorológico (DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), corresponde à cidade de Belém, que dispõe de dados do período de 1930 até atualidade. Neste trabalho foram utilizadas as normais meteorológicas de 1984 até 2013.

De acordo com Peters (2006) o sucesso no sistema de aproveitamento de águas pluviais depende da distribuição e da regularidade das precipitações. Os dados meteorológicos obtidos junto ao INMET podem ser observados na Figura 8, verificando-se que a precipitação anual máxima de 3752,30 mm ocorreu no ano de 1989, e a precipitação mínima igual a 2585,20 mm ocorreu no ano de 1995, e uma média total de 3.144,04 mm por ano.

Figura 8 - Precipitação mensal Belém-PA (1984-2013).

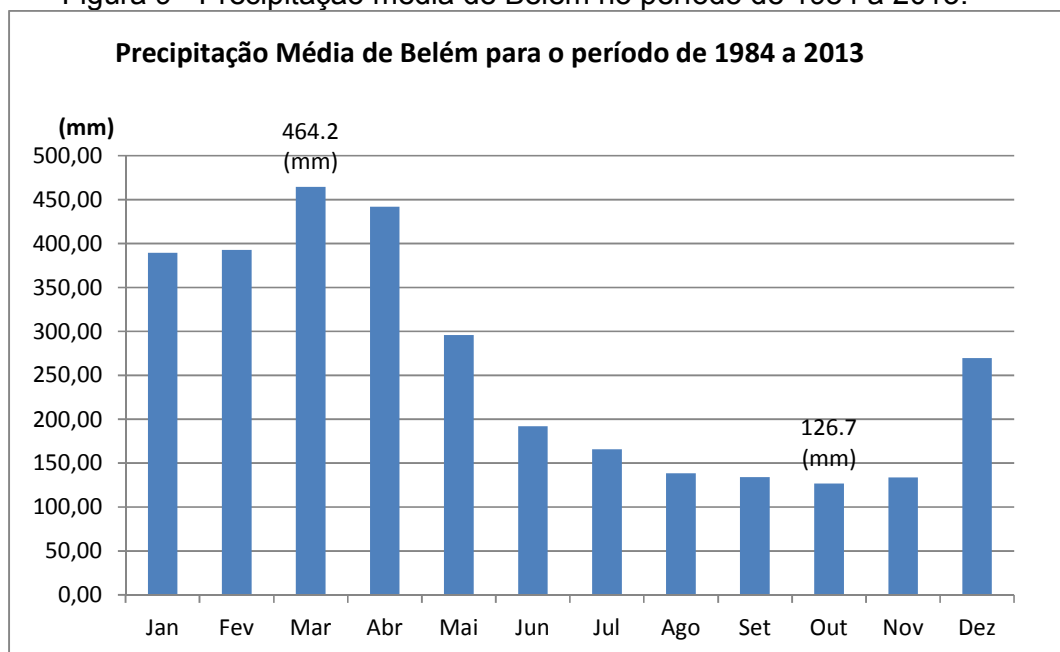


Fonte – INMET, 2014.

Para se determinar o potencial de aproveitamento de água de chuva, foram utilizados dados de precipitação mensais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014) para o período de 1984 a 2013, de posse dos dados foram

calculadas as precipitações médias, máximas e mínimas, denominadas normais meteorológicas, a credibilidade de uma normal meteorológica está diretamente relacionada com a faixa de tempo em que se produziu, ou seja, uma normal meteorológica é mais confiável quanto mais antiga é a sua respectiva série histórica, sendo apresentadas as normais meteorológicas para Belém, na Figura 9.

Figura 9 - Precipitação média de Belém no período de 1984 a 2013.



O conhecimento da média histórica ou normal climatológica é essencial para a determinação dos potenciais de aproveitamento de água de chuva, uma vez que a normal climatológica pode mostrar a definição de período chuvoso e período seco, sendo assim a Figura 9 apresenta a precipitação média mensal para o período de 1984 a 2013 para Belém.

A determinação das normais climatológicas para Belém definiram dois períodos, um chuvoso e outro menos chuvoso, onde o período mais chuvoso de dezembro a maio e o menos chuvoso de junho a novembro.

O valor da série temporal apresentou para o período de 30 anos uma média mensal de 262 mm, e que no mês de março ocorre a lâmina máxima igual a 464,20 mm com 43% acima da média, e no mês de outubro a menor lâmina igual a 126,70 mm com 50,76% abaixo da média.

Portanto para o aproveitamento de água de chuva a normal climatológica demonstra que Belém não possui períodos totalmente secos, o que possibilita um aproveitamento de água de chuva durante o ano todo.

6.2 PESSOAS POR DOMICÍLIOS (PD)

De acordo com o censo demográfico (IBGE, 2010), a população do Brasil teve um aumento de 12,3% em comparação à população encontrada pelo Censo 2000. Em Belém a população alcançou a marca 1.393.399 habitantes em 2010, um aumento de 8,09% em comparação à população encontrada pelo censo de 2000.

Com relação ao número de habitantes por residência para o Brasil o censo de 2010 apresentou uma redução na média de moradores por domicílios de 3,8 para 3,3 moradores por residência em 2010, com destaque apenas quatro estados do país que apresentaram média igual ou superior a 4 moradores por domicílio: o Amazonas, o Amapá, o Pará e Maranhão.

Seguindo a metodologia apresentada por Ghisi *et al* (2006) para o cálculo do número de pessoas por domicílios para Belém, tomou-se como referência o censo demográfico do IBGE 2010 no qual estima uma população igual a 1.393.399 habitantes para Belém e de acordo com anuário estatístico de Belém (SEGEP, 2012) o número total de residências igual a 368.889. De posse destes foi calculado o número de pessoas por domicílio (PD) para Belém igual a 3,78 habitantes por residência, para fins de cálculo foi adotado o valor de 4 pessoas por domicílio.

6.3 DOMICÍLIOS ATENDIDOS PELA CONCESSIONÁRIA (ND)

Para determinar o total de domicílios (ND) atendidos pela concessionária, primeiramente obteve-se o total de pessoas atendidas pelo serviço de abastecimento de água (NP), que de acordo com o plano municipal de saneamento a atual taxa de atendimento corresponde a 70% da população residente em Belém, e tomando como base à população IBGE 2010 de 1.393.399 habitantes então a população que é atendida pela concessionária de abastecimento de água potável é igual a 975.379 habitantes, e o número de pessoas por domicílios (PD) igual 4

pessoas por residência, portanto o número total de 243.845 domicílios (ND), que são atendidos pela concessionária de abastecimento de água potável.

6.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO (TRA)

A determinação da área de captação é de fundamental importância para a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, assim na cidade de Belém vários trabalhos já foram desenvolvidos para determinação do aproveitamento de água de chuva, entre eles Flores (2012), no qual considerou a variabilidade das áreas de telhados da cidade de Belém entre 35 até 550 m². Neste estudo a determinação adequada da área do telhado por domicílio médio para Belém foi realizado através do método de Ghisi *et al.* (2006).

Primeiramente foi determinado a área de telhado por pessoa que vive em casa (AHi) e apartamento (AFi), de acordo com o relatório do programa nacional de conservação de energia elétrica – PROCEL ano base 2005, no qual a área média de telhado construída (A) para casa e apartamento eram igual a 75 m² e de 15 m² respectivamente, e de posse do número de pessoas por domicílio (PD) igual a 4 pessoas, então foi calculado a área de telhado por pessoa vivendo em casas (AHi) igual a 18,75 m²/pessoa e pessoas vivendo em apartamento (AFi) igual a 3,75m²/pessoa, através das Equações 13 e 14.

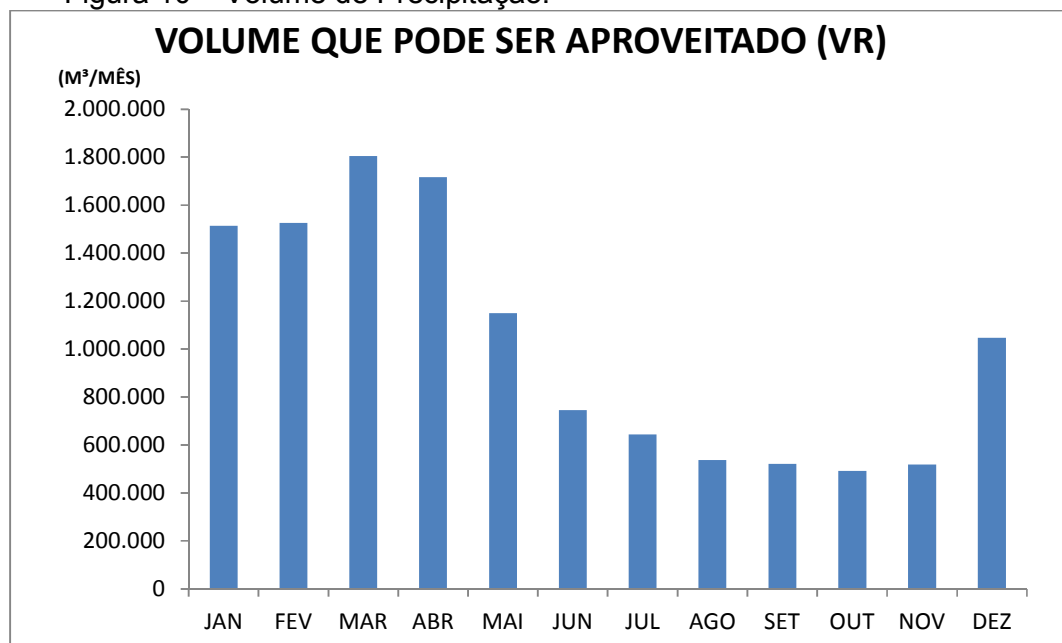
Na segunda etapa foi determinada a área média de telhado de casa e apartamento (Ai) através da Equação 15, sendo tomada como base a pesquisa nacional por amostra de domicílios IBGE (2010) para Belém, no qual o percentual de casas (H) de apartamentos (F) são respectivamente igual a 94,40% e 5,60%. De posse desses dados foi calculado a área média de telhado de casa e apartamento (Ai) igual a 17.70m².

Sendo assim de posse da área média de telhado por casa e apartamento (Ai) igual a 17.70m² e o número total de domicílios (ND) igual a 243.845 foi determinada a área total de telhado para Belém (TRA) igual a 4.316.568,57 m², ou 4,31 km² a partir da Equação 16. Fazendo-se uma relação da área total de telhado (TRA) para Belém de apenas 4,31km² quando comparado esta área de aproveitamento com a área urbana de Belém de 1.059,46 km², demonstra que apenas 0,41% desta área total poderão ser utilizadas para o aproveitamento de água de chuva.

6.5 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO (VR)

O volume de chuva que pode ser aproveitado (VR) mensalmente foi determinado através da Equação 17, considerando os dados de precipitação médias mensais, a área total do telhado (TRA) e o coeficiente de runoff C, este coeficiente indica que o percentual da água pluvial é perdido para a limpeza do telhado, perda por evaporação e descarte. Sendo estes volumes mensais apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Volume de Precipitação.



De acordo com a Figura 16 verifica-se uma variabilidade no aproveitamento de água de chuva, no qual o aproveitamento pode ser maior ou menor, sendo assim durante o período mais chuvoso no qual tem o início no mês de dezembro e termina no mês de maio possui um maior volume de água de chuva que pode ser aproveitado igual a 71% do volume total aproveitável, e no período menos chuvoso com a diminuição do volume de chuva a partir do mês de junho até o mês de novembro.

A determinação do volume de chuva demonstra que em Belém pode ser aproveitada água de chuva durante o ano, sendo possível captar os seguintes volumes, durante o mês de outubro o mínimo que se pode aproveitar de água de chuva é 492.386,66 m³, e o volume máximo de chuva que pode ser aproveitado

durante o mês de março igual a 1.803.414,47 m³ e em média poderá ser aproveitado um volume igual a 1.017.872.77 m³/ano de água de chuva.

6.6 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL (PWR)

O consumo médio mensal de água para Belém foi obtido a partir do produto entre os seguintes parâmetros: o consumo per capita (q) de água potável, que de acordo com a concessionária de abastecimento é igual a 135,70 litros/hab.dia; a população total abastecida pela concessionária (NP) igual a 975.379 habitantes. Sendo assim calculado um consumo mensal (PWR) para a cidade de Belém igual a 3.970.767,91m³/mês.

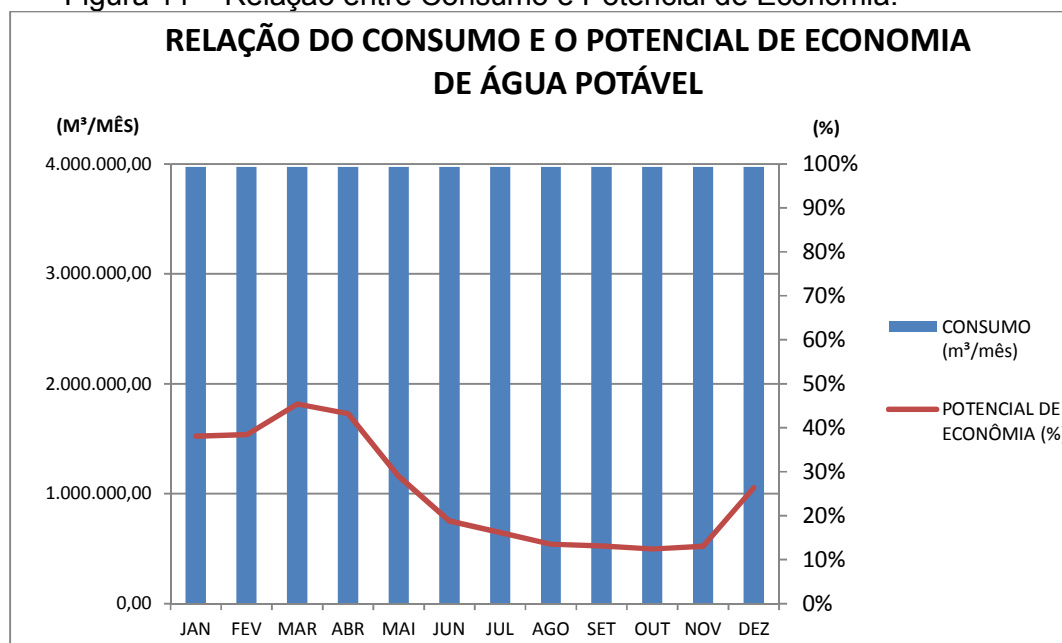
De acordo com o plano municipal de saneamento de Belém a concessionária disponibiliza mensalmente cerca 7.000 m³ de água, desse volume disponibilizado em média cerca de 3.600 m³ é micro medido mensalmente, sendo assim o método utilizado neste estudo para determinar o consumo de água potável (PWR) para Belém mostrou resultados semelhantes ao que é micro medido mensalmente pela concessionária e assim foi adotado como o consumo (PWR) de 3.790767,91 m³/mês constante ao longo do ano.

A partir do consumo (PWR) mensal foram determinados os seguintes consumos: o consumo residencial obtido pela divisão entre o consumo (PWR) pelo total de domicílios atendidos pela concessionária (ND), sendo obtido um consumo igual a 16,28 m³/mês por residência.

6.7 POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL (PPWS)

O potencial de economia de água potável (PPWS) para Belém foi obtido através da Equação 18, apresentado na Figura 11.

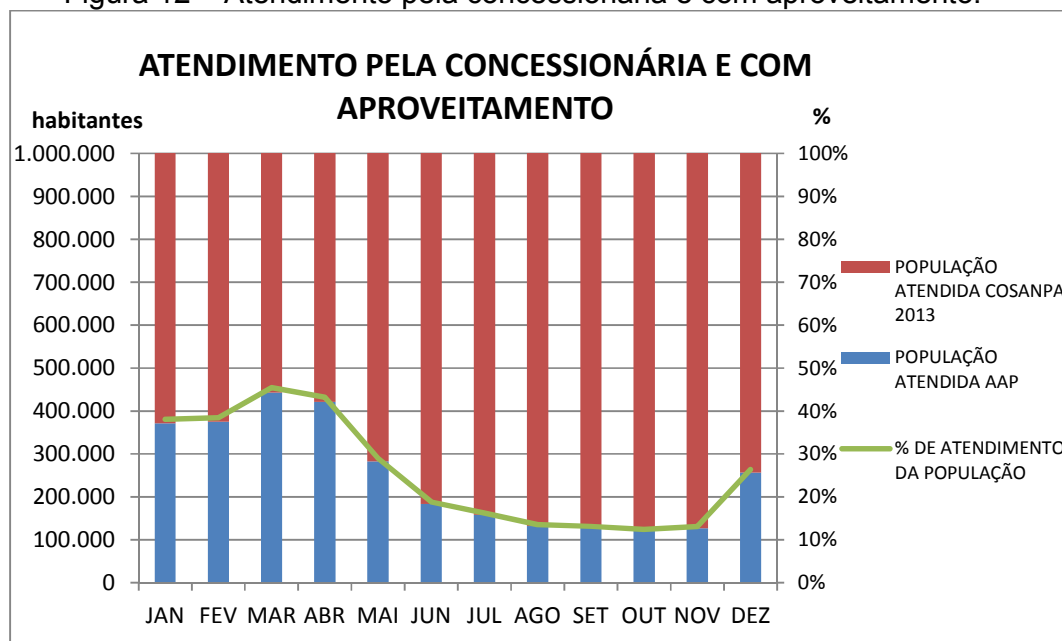
Figura 11 – Relação entre Consumo e Potencial de Economia.



De acordo com a Figura 11, verifica-se uma variabilidade no potencial de economia de água potável, demonstrando que em Belém pode se captar água de chuva durante o ano todo, esta variabilidade ocorre em função dos períodos mais chuvosos e menos chuvosos. Assim o potencial de economia de água potável durante o mês de março alcança um valor de 45%, devido ao elevado índice de chuva neste mês. No entanto durante o mês de outubro quando o índice pluviométrico diminui, o potencial de economia também reduz, sendo possível economizar apenas 12% de água potável pelo uso de água de chuva.

Com a estimativa do potencial de economia de água potável foi possível determinar a parcela da população que poderá ser atendida mensalmente com aproveitamento de água de chuva. Conforme pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 – Atendimento pela concessionária e com aproveitamento.



De acordo com a Figura 12 observa-se que do total da população que é atendida pelo serviço de abastecimento da concessionária é cerca 975.379 habitantes mensalmente, e com a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva cerca de 45% desta população poderiam ter seu abastecimento de água complementado durante o mês de março quando se tem um maior índice pluviométrico, por outro lado durante o mês de outubro quando os índices pluviométricos diminuem ocasionando também a redução do percentual de complemento de água para apenas 12%, por ano em média a implantação do sistema de aproveitamento poderia complementar o abastecimento de água em cerca 26% daquela população.

6.8 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O reservatório a ser utilizado no sistema de aproveitamento de água de chuva foi determinado através do método iterativo, sendo que o reservatório deve suprir a demanda de água para fins não potáveis, e de acordo com apresentado na revisão bibliográfica corresponde a cerca de 40% do consumo médio por residência que é

igual a 16,28 m³/mês, ou seja, a parcela destinada para fins não potáveis é igual 6,51m³/mês. O quadro 19 mostra o volume de reservação.

Quadro 7 - volume do Reservatório.

Anual	Precipitação Média (P)	Demanda Não Potável (D)	Área (A)	Volume Captável
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)
JAN	389.40	6.51	17.70	2.48
FEV	392.81	6.51	17.70	2.50
MAR	464.21	6.51	17.70	2.96
ABR	441.70	6.51	17.70	2.81
MAI	295.99	6.51	17.70	1.89
JUN	191.98	6.51	17.70	1.22
JUL	165.74	6.51	17.70	1.06
AGO	138.46	6.51	17.70	0.88
SET	134.10	6.51	17.70	0.85
OUT	126.74	6.51	17.70	0.81
NOV	133.58	6.51	17.70	0.85
DEZ	269.38	6.51	17.70	1.72
Reservação Proposta		3.00	Volume Máximo	2.96

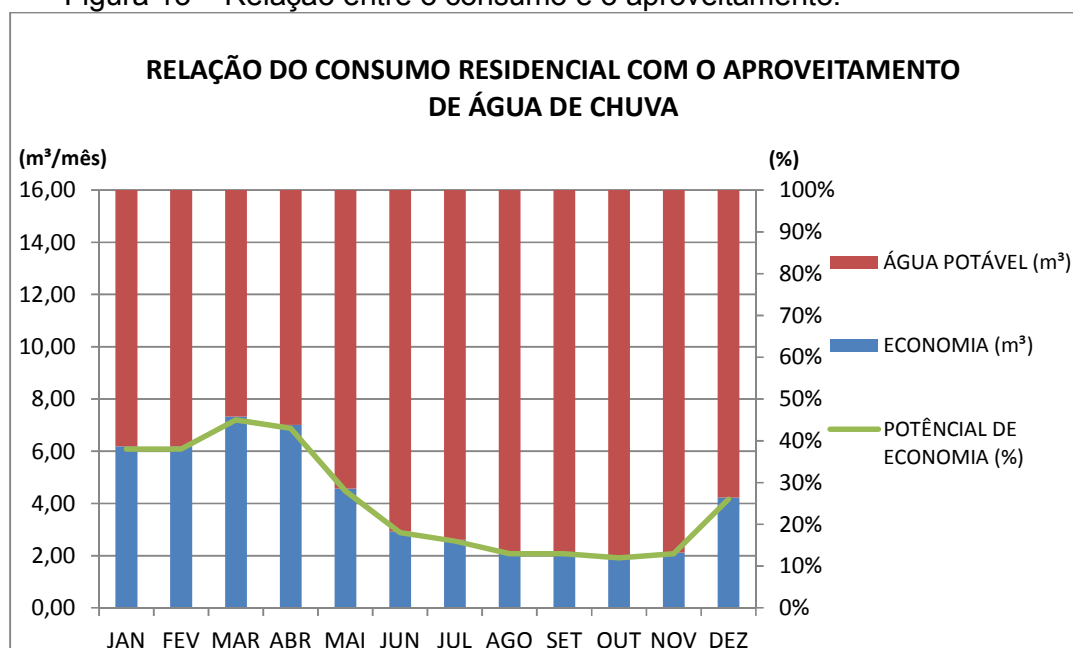
De acordo com o quadro 19 nota se que o método resultou que Belém apresenta ao longo do ano uma variabilidade do volume de chuva entre os períodos mais e menos chuvosos, onde durante o mês de março no qual tem se o maior índice pluviométrico e assim pode-se captar o volume máximo de 2.96m³ de água de chuva, logo é possível atender até 45,46% da demanda durante o mês de março, sendo este volume máximo de captação e por fins comerciais adotou-se o volume de reservação igual a 3m³.

De posse do volume total de reservação de 3m³, optou-se por dividir a reservação em 1m³ para o reservatório elevado a ser locado entre a laje e o telhado da residência e o volume de 2m³ para o reservatório apoiado, o desenho esquemático proposto está no apêndice A.

6.9 VIABILIDADE ECONOMICA

O estudo de viabilidade econômica residencial demonstra o impacto deste aproveitamento no consumo e na fatura do consumidor, primeiramente foi realizada uma relação entre o consumo residencial de água potável mensal, ou seja, aquela que é fornecida pela concessionária de abastecimento local, com o uso de água de chuva para complementar o abastecimento residencial. A Figura 13 mostra a relação do aproveitamento de água de chuva com o consumo residencial.

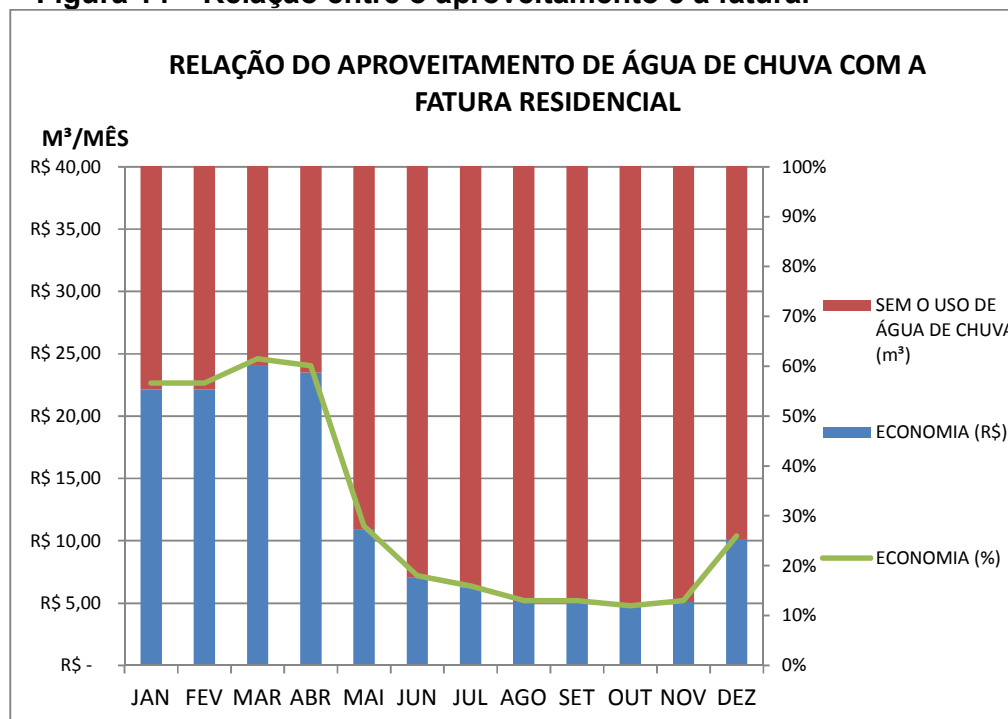
Figura 13 – Relação entre o consumo e o aproveitamento.



A Figura 13 mostra a relação entre o consumo residencial de 16,28 m³/mês e a economia mensal deste volume com uso de água de chuva ao longo do ano, desta maneira percebe-se que o potencial de economia apresenta uma variabilidade devido a ocorrências dos períodos mais chuvosos e menos chuvosos, assim durante o mês de março tem se o máximo de economia de água potável igual a 7,33 m³ o que corresponde a 45% de economia no consumo de água potável distribuída pela concessionária que pode ser substituída com o aproveitamento de água de chuva. No entanto durante o período menos chuvoso tem se uma diminuição desse volume no mês de outubro para 1,95m³, o que corresponde a 12% de economia no consumo de água potável distribuída pela concessionária.

Deste modo de posse da relação do consumo de água potável com uso de água de chuva foi realizada uma estimativa do impacto na fatura do consumidor residencial com o uso de água de chuva para complementar o sistema de abastecimento residencial. A Figura 14 mostra a relação do consumo com a fatura residencial.

Figura 14 – Relação entre o aproveitamento e a fatura.



A Figura 14 mostra a relação entre o aproveitamento de água de chuva ao longo do ano e a economia mensal na fatura residencial com uso de água de chuva, e percebe-se que a fatura média mensal é de R\$ 39,08 (trinta e nove reais e oito centavos). Assim com o uso de água de chuva, a economia na fatura apresenta uma variabilidade devido a ocorrências dos períodos mais e menos chuvosos, sendo que durante o mês de março têm-se o máximo de economia na fatura igual a R\$ 24,04 (vinte quatro reais e quatro centavos) o que corresponde a 62% de economia na fatura de água potável cobrada pela concessionária, que pode ser substituída com o aproveitamento de água de chuva.

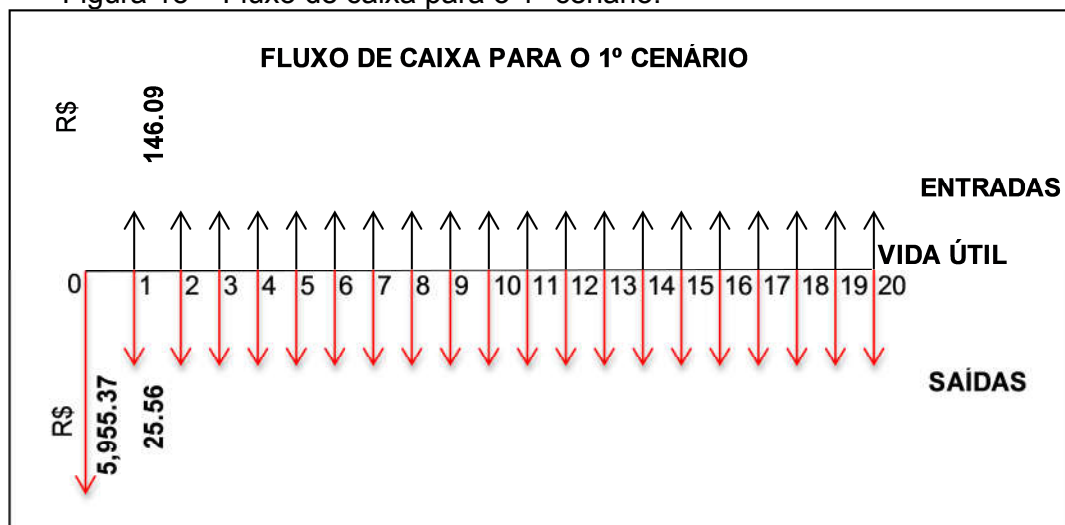
No entanto durante o período menos chuvoso tem-se uma diminuição dessa economia na fatura, pois no mês de outubro para R\$ 4,69 (quatro reais e sessenta e

nove centavos) o que corresponde 12% de economia na fatura de água potável cobrada pela concessionária.

De acordo com a estimativa o consumidor residencial paga em média anualmente R\$ 468.98 (quatrocentos e sessenta oito reais e noventa e oito centavos) e com o complemento do abastecimento com água de chuva, o consumidor residencial poderá economizar R\$ 146.09 (cento e quarenta e seis reais e nove centavos) o que corresponde a 31% da fatura média anual, e quando comparado com o salário mínimo de R\$ 788.00 (setecentos e oitenta e oito reais) ano de referência 2016, esta economia corresponde a 18,54% do salário mínimo.

Na determinação da viabilidade econômica para o consumidor residencial foram elaborados dois cenários, sendo apresentados os fluxos de caixas para os dois cenários nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Fluxo de caixa para o 1º cenário.



No 1º cenário foi considerado como entrada de capital somente a economia na fatura gerada pelo uso de água de chuva, e as saídas de capital foram os custos de implantação composto por material hidráulico de acordo com apêndice B, o custo com mão de obra para implantação e custo com a manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva, de acordo com o apêndice C.

Portanto para o 1º cenário em que a saída de capital é maior que a entrada, demandaria um tempo de retorno para o capital investido na implantação do sistema de aproveitamento superior ao de vida útil do sistema, sendo assim demonstra que

para o consumidor residencial é economicamente inviável investir no aproveitamento de água de chuva.

Para o 2º cenário foi proposto que o custo de implantação do sistema de aproveitamento será incluso na construção do imóvel, e assim tem se um cenário em que não haverá custo com a implantação do sistema de aproveitamento. Deste modo a Figura 16 mostra o fluxo de caixa para este 2º cenário.

Figura 16 – Fluxo de caixa para o 2º cenário.



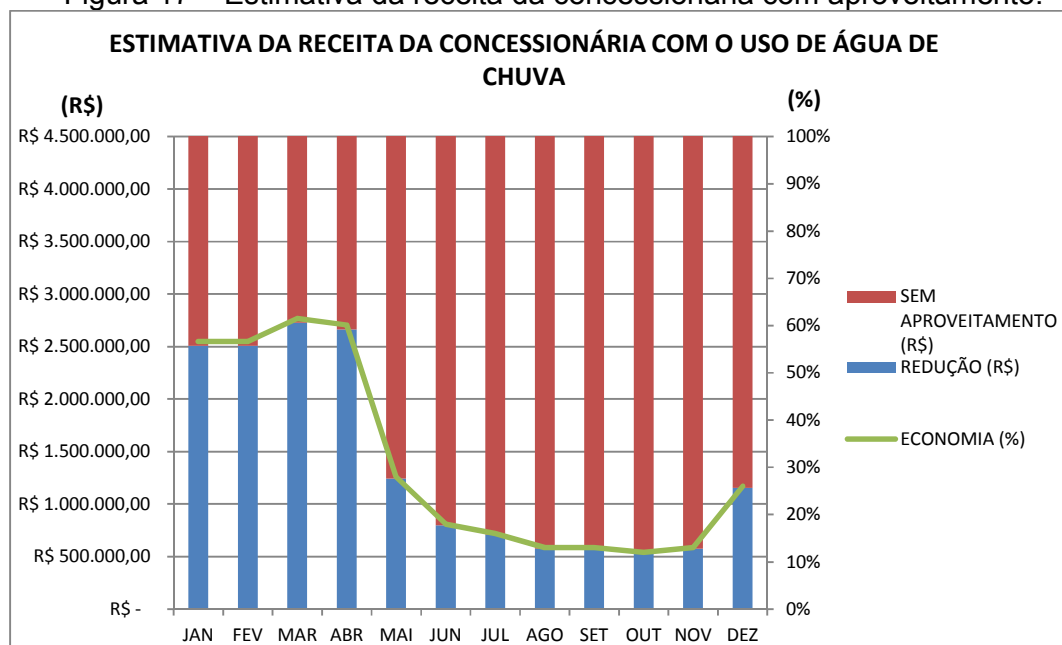
No 2º cenário foi considerado como entrada de capital somente a economia na fatura gerada pelo uso de água de chuva, e as saídas de capital foi apenas o custo de manutenção do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Portanto para este cenário em que a entrada é superior a saída de capital, mostra que o retorno é imediato devido à economia gerada pelo sistema, sendo assim demonstra que para o consumidor residencial é economicamente viável a utilização do sistema de água de chuva, esta viabilidade ocorre devido o custo de implantação do sistema já está incluso na construção do imóvel.

O estudo de viabilidade econômica busca ainda demonstrar o impacto para a concessionária de distribuição, com uso de água de chuva. Sendo assim, de acordo com o diário oficial do estado do Pará – DIOEPA (2014), no qual demonstra no balanço anual para o exercício de 2014, que a receita mensal da concessionária é de R\$ 4, 431, 050. 00 (quatro milhões quatrocentos e trinta e um mil e cinquenta reais) logo de posse desta receita mensal e a redução de arrecadação, é

apresentada na Figura 17 a estimativa de redução de receita com uso de água de chuva na concessionária.

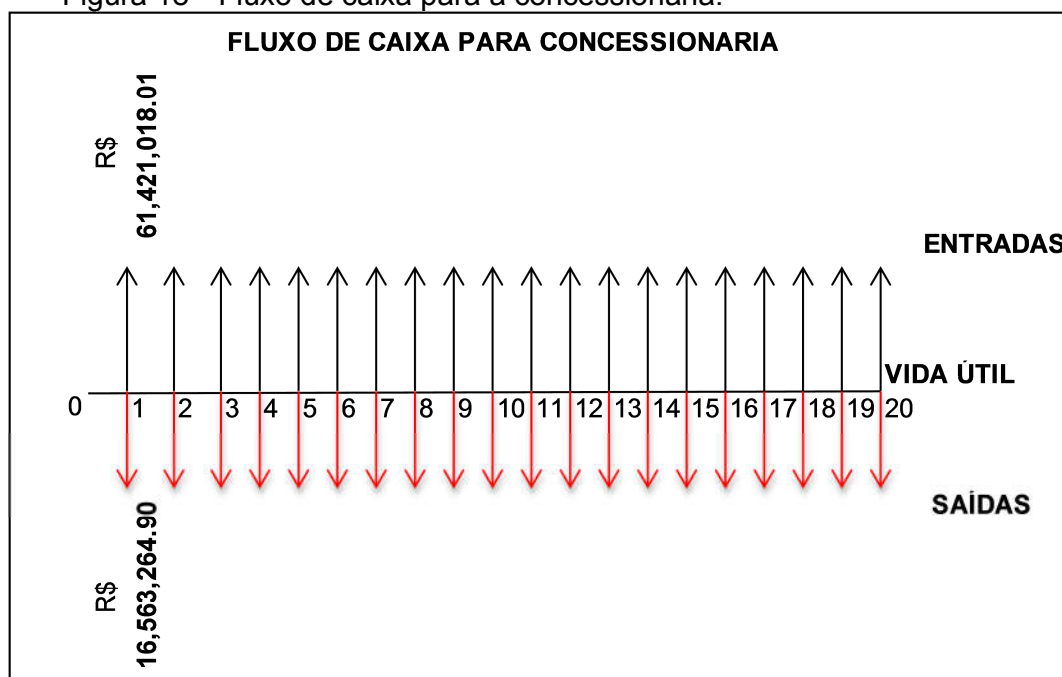
Figura 17 – Estimativa da receita da concessionária com aproveitamento.



Percebe-se na Figura 17 que o uso de água de chuva pela sociedade a arrecadação passa a ter uma variabilidade devido a ocorrências dos períodos mais chuvosos e menos chuvosos, assim durante o mês de março tem se o máximo de diminuição na arrecadação igual a 62%. E no período menos chuvoso tem se uma diminuição dessa arrecadação no mês de outubro para R\$ 576, 036.50 (quinhentos e setenta e seis mil reais e cinquenta centavos) cerca de 12% da arrecadação da concessionária e anualmente tem se uma média de redução na arrecadação de 31%.

De acordo com a concessionária em 2014 o custo de produção com água potável foi de R\$ 197, 178, 227.95 (cento e noventa e sete milhões cento e setenta e oito mil duzentos e vinte sete reais e noventa e cinco centavos) e adotou-se taxa de redução com custo de produção igual a 31%, assim a Figura 18 mostra o fluxo de caixa na ótica da concessionária.

Figura 18 – Fluxo de caixa para a concessionária.



Observa-se na Figura 25 que foi considerado como entrada de capital apenas o valor estimado da redução com custo anual de produção de água potável, sendo esta redução igual a R\$ 61.421,018.00, ao longo de 20 anos. Por outro lado a saída de capital foi considerada apenas o valor estimado com a redução da receita anual da concessionária em virtude do uso de água de chuva pela sociedade.

De posse do fluxo de caixa tem-se que as entradas são maiores que as saídas, evidenciando assim um $VPL > 0$, assim o uso de água de chuva pela sociedade demonstra ser um investimento economicamente viável, pois este uso provoca uma redução das despesas de exploração da concessionária com a produção de água potável.

7 CONCLUSÃO

A série histórica de precipitação utilizada neste estudo mostrou que Belém possui uma grande oferta de água de chuva que pode ser captada através de sistema de aproveitamento, esta grande oferta de água de chuva ficou bem caracterizada pela ocorrência de períodos mais e menos chuvosos e a inexistência de período totalmente seco ao longo do ano.

Com relação à determinação do potencial de aproveitamento de água de chuva para a cidade de Belém determinado através do método de Ghisi *et al.* (2006), mostrou que a economia que pode ser gerada pelo uso de água de chuva para fins não potáveis é no máximo de 45% durante o período mais chuvoso, durante o período menos chuvoso essa economia reduz para 12% e a economia média de 26% ao ano com a substituição de água distribuída pela concessionária por água de chuva para fins não potáveis.

Com relação ao estudo de viabilidade econômica para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva na visão do consumidor residencial para o 1º cenário o projeto de aproveitamento de água de chuva é economicamente inviável. Para um 2º cenário demonstra uma viabilidade econômica para o uso de água de chuva.

Além destes o estudo de viabilidade econômica na visão da concessionária mostrou que o uso de água de chuva pela sociedade gera um retorno positivo, pois o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis pode promover uma redução do consumo da água que é distribuída pela concessionária e consequentemente reduzir o custo de produção de água potável e juntamente com esta redução de custo de produção, o uso de água de chuva gera uma diminuição de arrecadação para a concessionária, ainda assim o uso de água de chuva é um investimento economicamente viável para a visão da concessionária.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALT, Robinson. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis estudo baseado no curso do ABNT de 11-02-2009 SP/SP** do Engº Plínio Tomaz. 2009.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. **A Influência da temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 19, n.3, p. 337-344. 2004.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. Multi-scale variability of the sea surface temperature in the Tropical Atlantic, **Journal of Geophysical Research**, 109, C05009. 2004.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** 2005. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.

ASSAF NETO, Alexandre; LIMA, Fabiano Guasti. **Curso de Administração financeira.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

ATHAYDE JÚNIOR, GILSON B. **Viabilidade econômica de 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, 2008.

BARLOW, M; CLARKE, T. **Ouro azul: Como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso planeta.** M. Books, 2003, p 03 – 90

BRITO, F. S **Abastecimento de águas.** Parte geral, tecnologia e estatística. In: **Obras Completas** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943. v. 3.

BRITO, L. **Disponibilidade de Água e a Gestão dos Recursos Hídricos.** Embrapa, 36 p.

BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. **Estado mundo 2000.** Tradução. H. Mallett. Salvador: UMA Editora, 2000. 288 p.

CAMPOS, M.A.S.; HERNANDES, A.T.; AMORIM, S.V. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto.** 2003.

CAVALCANTE, Francisco. **Análise de projetos de investimento.** Cavalcante & Associados, ano I, n. 8, 1998.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA DIAS, M. A. F.; JUSTI, M. G. A. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 25-27. 2009. p. 75-93.

CITEAU, J. *et al.* **Questions about the ITCZ migration over the tropical Atlantic, sea surface temperature in the Gulf of Guinea and the Flow of Senegal River**. In: **CCCO Meeting**, Rio de Janeiro. 1985.

CITEAU, J.; BERGÉS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. **The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area**. Ocean-Atmosphere Newsletter, v.45, p.1-3. 1988b.

CITEAU, J.; J.C BERGES; H. DEMARCQ; G. MAHÉ. **Position de la Zone de Convergence a 28° N et temperatue de surface de l'océan**. Veille Climatique Satellitaire, v. 21, p. 3-7. 1988a.

COHEN, J. C.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C. **Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia**. Climanálise, v. 4, n. 11, p. 34-40. 1989.

Comitê de Meio Ambiente do SindusCon- SP - **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo, junho de 2005. Prol Editora Gráfica.

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática**. 4. ed. ampl. São Paulo: ed. Atlas, 2000. 375p.

CUNLIFFE, D. A., **Guidance on the use of rainwater tanks** – National Environmental Health Fórum Monographs, Water Series nº 3, Austrália, 1998.

CURITIBA. **Decreto nº. 212, de 29 de março de 2007: Aprova o Regulamento de Edificações do Município de Curitiba**. Curitiba, 29 mar. 2007. CURITIBA.

DE SOUZA, E.B. *et al.* **On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998**. Acta Amazonica, v. 30, n. 2, p. 305-318. 2000.

DE SOUZA, E.B.; AMBRIZZI, T. **ENSO impacts on the South American rainfall during 1980s: Hadley and Walker circulation**. Atmosfera, v. 15, p. 105-120. 2002.

Decreto nº. 293, de 22 de março de 2006: Regulamenta a Lei nº 10.785 de 2003 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações. Curitiba, 22 mar. 2006.

DEMOSNTRAÇÕES CONTÁBEIS EXERCICIO 2014, COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO DO PARÁ, Relatório de administração 2013 cosanpa, PUBLICADO EM 16 DE ABRIL DE 2014.

DORNELLES, F.; **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. Tese de Doutorado, Porto Alegre Abril 2012.;

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A., **Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva – RBRH** (Revista Brasileira de Recursos Hídricos), Volume 15 – nº 2 – Abr/Jun, 2010.

ELETROBRÁS. PESQUISA DE POSSE DE EQUIPAMENTOS E HABITOS DE USO ANO BASE 2005 – CLASSE RESIDENCIAL REGIÃO NORTE – SETEMBRO DE 2007. ELETROBRÁS, PROCEL, PUC-Rio, Brasil.

Estimates from UN FAO. 2003. **Review of World Water Resources by Country. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (see specific references in this document for more information)**. Eurostat.2013 <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00001> (accessed May 1, 2013).

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana Curitiba, 2002**. 499p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

FENDRICH, Roberto. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese: Doutorado, curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C. **Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America**. Climanálise-Boletim de Monitoramento e Análise Climática, v. 5, n. 6, p. 36-48. 1990.

FLORES *ET AL*. **Potencial de captação de água de chuva para abastecimento: o caso da cidade de Belém (PA, Brasil)** Estudos Tecnológicos em Engenharia, 8(2):69-80, julho-dezembro 2012© 2012 by Unisinos - doi:0.4013/ete.2012.82.04.

Frenken, K., ed. Estimates from UN FAO. 2005. **Irrigation in Africa in Figures - Aquastat Survey 2005**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Frenken, K., ed. Estimates from UN FAO. 2005. **Irrigation in the Middle East Region in Figures. AQUASTAT Survey - 008**.

FREZATTI, Fábio. **Gestão de viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2008.

FURRIELA, R. **Introdução à Mudança climática global: desafios atuais e futuros**. Brasília: IPAM, 2005, 44 p.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2º ed., São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

GERSHUNOV, A. BARNETT, T.P. **Interdecadal modulation of ENSO teleconnections**. Bulletin of the American Meteorological Society, 79: 2715–2725. 1998.

GHISI *ET AL.* (2006); MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W. **Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis over 62 cities in southern Brazil**. *Building and Environment*, v. 41, n. 2, p. 204-210, 2006.

GIACCHINI, M. ; ANDRADE FILHO, A. G. . **Estudo sobre o método dos dias sem chuva para o dimensionamento de reservatórios**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 3, p. 36-43-43, 2011.

GIACCHINI, M. ; ANDRADE FILHO, A. G. ; Santos, D.C. . **Análise comparativa de métodos de dimensionamento de reservatório de aproveitamento da água de chuva**. Revista TechnoEng, v. 1, p. 3-3, 2010.

GIACCHINI, M. ; ANDRADE FILHO, A. G. ; Santos, D.C. . **Estudo prospectivo da água de chuva armazenada em reservatório**. Hydro (São Paulo), v. 79, p. 52-57, 2013.

GLEICK, Peter H.. **Water in crises – A Guide to the World’s Fresh Water Resources**. Oxford, Oxford Press. 476 p, 1993.

GLEICK, Peter H.. **Water in crises - Total Renewable Freshwater Supply by Country (2013 Update)**.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. **A água nossa de cada dia**. Artigos-2009 da EMBRAPA. Brasília, DF, 2009.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: Abes, 2006.

HAGEMANN, Sabrina Elcker. **Avaliação da qualidade da água e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

HERRMANN, T.; SCHIMA, U.; **Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**, *Urban Water*, nº 1, p. 307-316, 1999.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1992. 465p. Disponível em:

http://www.aedb.br/seget/artigos09/248_aproveitamento%20sustentavel%20da%20agua%20da%20chuva%20em%20propriedades%20rurais5b1%5d.pdf. Último acesso em 21 Ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. Censo Demográfico. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 Fev. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. Censo Demográfico. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2009. Acesso em: 01 Fev. 2016

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA (INMET). 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> acesso em 01/01/2014.

ISHIHARA, J. **Quantitative and Spatial Assessment of Precipitation in the Brazilian Amazon (Legal Amazon) — (1978 to 2007)**. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos V. 19, n.1, P.xx-xx, Jan./Mar. 2014.

JQUES, Reginaldo C. **Qualidade da água da chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações metações**. Monografia do Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

LA BRANCHE, A.; WACK, H.; CRAWFORD, D.; SOJKA, N. J. E BRAND, C., **VIRGINIA Rainwater Harvesting Manual – the Cabell Brand Center, Virginia/EUA**, 2007.

LEI Nº 10.785 de 18 de Setembro de 2003. “Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE”. (3P Technik do Brasil Ltda. - Disponível <https://www.leismunicipais.com.br>. Acesso em 29/04/2015

LEI Nº 9.800 de 03 de Janeiro de 2000. “Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências”. (Prefeitura Municipal de Curitiba – Disponível em <https://www.leismunicipais.com.br> Acesso em 29/04/2015.

Lima, J.A. *et al* Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia, Eng. Sanit. Ambient. v.16, n.3, p. 291-298, jul/set 2011.

MARENGO J. A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V.; FILIZOLA, N. S.; WAINER, I. **On the onset and end of the rainy season in Brazilian Amazon basin. Journal of Climate**, Lancaster, PA, v. 14, p. 833-852. 2001.

MARTINS, R. Governança climática nas cidades: **reduzindo vulnerabilidade e aumentando resiliência**. *Revista de Geografia Acadêmica* 4: 5-18, 2010.

MAY, S., **Estudo de viabilidade de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**, *Dissertação (mestrado)*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 189 p. 2004.

MCBEAN, G. **Climate change and extreme weather: a basis for action**. *Natural Hazards*. 31, pp. 177-190. 2004.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Recursos Hídricos: **conjunto de normas legais**. 3ª ed., Brasília: Sec. dos Recursos Hídricos, 2004. 243p.

MOTTA, Regis da Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de Investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.

NBR - 10.844/1989: **Instalações Prediais De Água Fria**.

NBR – 5626/1998: **Instalações Prediais De Água Fria**.

NBR 15.527/2007: **Água de Chuva-Aproveitamento de áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos** - Rio de Janeiro, outubro de 2007. 8 p.

OLIVEIRA, M. H. **Avaliação econômico financeira de investimento sob condição de incerteza: uma comparação entre os métodos de Monte Carlo e o VPL Fuzzy**. *Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção*. Universidade de São Paulo, São Carlos. São Paulo, 2008.

Oliveira, S. Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade; *Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Do Ambiente Pelo Instituto Superior Técnico – Universidade De Técnica De Lisboa*.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU divulga 4. edição do relatório sobre recursos hídricos. 6º Fórum Mundial da Água. VEJA. Abril: 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/onu-apresenta-relatorio-sobre-recursos-hidricos-em-forum-mundial-da-agua>>. Acesso em 07 jul. 2012.

PADOVEZE, Clóvis Luiz *et al.* Avaliação de projetos utilizando as métricas de gestão baseada em valor (VBM – Value Based Management). 2005 Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/...copiar.php?...avaliacao%20projetos...>

PETERS, M. R. *Potencialidade de uso de fontes alternativas de águas para fins não potáveis em uma unidade residencial*, 2006. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006*.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém – PA. 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM Secretaria de Planejamento e Gestão Anuário Estatístico da cidade de Belém. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. SECRETARIA MUNICIPAL DE COORDENAÇÃO GERAL DO PLANEJAMENTO E GESTÃO – SEGEP. **Divisão Político-Administrativa conforme Lei nº 7.682**, publicado no Diário Oficial do Município, em 05 de janeiro de 1994. Disponível em: http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/Mapas/1b_Mapas-Distritos.pdf. Acesso em maio 2014.

Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB - Edital 05, coordenado pelo Prof. Ricardo Franci Gonçalves do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G., 2006. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora 3ª ed., São Paulo, pp. 717.

RODRIGUES, L. C. S. **Avaliação da eficiência de dispositivos Economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SAMANEZ, Carlos Patrício. **Gestão de investimento e geração de valor**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

SANTOS, J. S., **Frequência de precipitação e impactos decorrentes associados à chuva na cidade de Belém-PA** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém-PA 2014.

SILVA, G. da. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso**. Tese Doutorado. Universidade estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2007.

SILVA, G. S. **Programas Permanentes de Uso Racional da Água em Campi Universitários**: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado) em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – **SNIS Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2013.

TOMAZ, P., **Aproveitamento de água de chuva:** para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo, ed. Navegar, 4^o edição, 208 p., 2011.

TORDO, O. C. **Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas e Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2004.

TUCCI, C. E.M. (org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4^a Edição. Porto Alegre – RS. Editora da UFRGS e EDUSP ABRH, 1993.

TUCCI, C.E.M., **Inundações Urbanas. Coleção ABRH V, 11,** Porto Alegre/RS – Brasil, 2007.

UN FAO. 2000. **Irrigation in Latin America and the Caribbean. Rome, Italy:** Food and Agriculture Organization of the United Nations.

UN FAO. 2013. AQUASTAT database. **Rome, Italy: Food and Agriculture** Organization of the United Nations. <http://www.fao.org> (accessed May 1, 2013).

UVO, C. B.; NOBRE, C. A. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil.** Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico equatorial. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 4, n. 7, p. 34–42, 1989.

Veloso, N.; Mendes, R. **APROVEITAMENTO DE CHUVA ILHAS DE BELÉM/PA-RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 19 n.1 –Jan/Mar 2014, 229-242.**

VILLELA, S. M., MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo, Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

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

VON SPERLING, M. **"Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos",** DESA-UFMG, Belo Horizonte, 1996.

WALISER, E. W. C.; GAUTIER, C. **A Satellite-derived Climatology of the ITCZ.** *Journal of Climate*, v. 6. p. 2162-2174. 1993.

YOSHINO, G. **Use of rainwater for non-potable purposes in the Amazon. Environment, development and sustainability** 2014 v.16 no.2 pp. 431-442 .

YWASHIMA, L.A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo.** Dissertação Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2005.

YWASHIMA, L.A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo.** Dissertação Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2005.

ZANIN, Antônio *et al.* **Aproveitamento sustentável da água da chuva em propriedades rurais – o uso de cisternas.** Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. 2009. Disponível em:

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D. ENSO-like Interdecadal variability: 1900-93, **Journal of Climate**, v.10, p.1004-1020. 1997.

9 APÊNDICES

APÊNDICE A – SISTEMA DE APROVEITAMENTO PROPOSTO

APÊNDICE B – MATERIAL HIDRÁULICO

APÊNDICE C – IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO