



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental

**PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA O *CAMPUS* CAMPINA GRANDE DO IFPB: ESTUDO DA VIABILIDADE
ECONÔMICA**

Célia Medeiros Marques

**João Pessoa – PB
2012**

CÉLIA MEDEIROS MARQUES

**PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA O *CAMPUS* CAMPINA GRANDE DO IFPB: ESTUDO DA VIABILIDADE
ECONÔMICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da
Universidade Federal da Paraíba como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia Urbana e ambiental

Orientador: Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior

**João Pessoa – PB
2012**

M357p Marques, Célia Medeiros.
Proposição de sistema de aproveitamento de água de chuva para o Campus Campina Grande do IFPB: estudo da viabilidade econômica / Célia Medeiros Marques.- João Pessoa, 2012.
112f. : il.
Orientador: Gilson Barbosa Athayde Júnior
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT
1. Engenharia Urbana e Ambiental. 2. Uso da água.
3. Água de chuva – aproveitamento – IFPB. 4. Viabilidade econômica.

UFPB/BC

CDU: 62:711(043)

CÉLIA MEDEIROS MARQUES

**PROPOSIÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA O *CÂMPUS* CAMPINA GRANDE DO IFPB: ESTUDO DA VIABILIDADE
ECONÔMICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental.**

Aprovada em: 19/06/2012

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior - Orientador- UFPB

Prof^a. Dr^a. Carmem Lúcia Moreira Gadelha - Examinadora Interna- UFPB

Prof. Dr. Flávio Rubens Lapolli – Examinador Externo - UFSC

*Dedico aos meus pais - Nelson e Marly –
exemplos de dedicação e perseverança
na vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, autor da minha vida, que com sua infinita misericórdia, graça e sabedoria, me capacita para a conquista dos meus objetivos.

Aos meus pais - Nelson e Marly - pelo investimento na minha formação intelectual e acadêmica.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior, que confiou e acreditou no meu potencial e com receptividade, paciência e dedicação me auxiliou durante os trabalhos.

A toda a equipe de doutores do PPGEUA que contribuíram com este curso de Mestrado, investindo tempo e esforço em transmitir o melhor do seu conhecimento.

Ao Magnífico Reitor do IFPB, Prof. João Batista de Oliveira Silva, pelo apoio e consideração.

Ao Diretor Geral do Campus Campina Grande, Prof. Cícero Nicácio do Nascimento Lopes, pela assistência e receptividade.

Ao Diretor de Administração e Planejamento do Campus Campina Grande, Engenheiro José Albino Nunes pela contribuição dada à Pesquisa.

A minha amiga Bibliotecária Juliana da Silva Paiva, pela colaboração e solidariedade.

Aos servidores do IFPB que, direta ou indiretamente, colaboraram com a coleta de dados, consigno a mais elevada gratidão.

Aos meus irmãos Fátima, Vera, Edlúcia, Nelson, Cecília, Edilvan e Danielle, pelo constante incentivo ao meu crescimento profissional.

*“A água de boa qualidade é exatamente
como a saúde ou a liberdade:
ela só tem valor quando acaba.”
(Guimarães Rosa - 1908 / 1967)*

*“Se os benefícios ambientais forem devidamente medidos e políticas
ambientais forem eficazmente planejadas, em geral, os benefícios
serão maiores que os custos”
Frances Cairncross (1992)*

RESUMO

A expectativa de escassez de água potável para os próximos anos tem sido fator motivador de busca de alternativas para suprir a demanda das futuras gerações, promover o uso racional da água e reduzir o seu desperdício. Visto que a água está diretamente ligada à manutenção e qualidade de vida da população, comprometendo também, toda espécie de vida no nosso planeta, é imperativo que toda a sociedade civil, empresarial, industrial, como também o Governo e suas Instituições Públicas, busquem mecanismos para preservá-la. O tema deste trabalho foi propor um sistema de aproveitamento de água de chuva para o *Campus* Campina Grande do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB e analisar a viabilidade econômica de sua implantação. O objetivo geral foi avaliar a possibilidade do aproveitamento de águas de chuva para uso não potável em descargas de vasos sanitários, lavagens de veículos e rega de jardins, como mecanismo sustentável de uso racional da água a fim de minimizar o desperdício de água potável, reduzir os custos de água comprada pela instituição e cumprir com os critérios de sustentabilidade exigidos pela Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - MPOG. A abordagem metodológica escolhida e elaborada foi baseada nos parâmetros descritivos e exploratórios, com dados obtidos *in loco* através de registros fotográficos e documentais do referido *campus* do IFPB. Para desenvolver esse estudo foram coletados dados referentes à oferta de água de chuva na região, feito o levantamento do consumo anual de água no referido *campus*, bem como a estimativa das demandas de água não potável e o dimensionamento do reservatório de armazenamento. Em seguida, foi realizada a análise econômica do investimento por meio de ferramentas da matemática financeira, que apresentou para um reservatório de capacidade de 787 m³, custos de investimento de R\$ 180.447,44, relação Benefício/Custo igual a 2,52, o Período de Retorno de Capital de 9,83 anos e Valor Presente Líquido de R\$ 274.701,45. Dessa forma foi comprovada, a viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, que mostrou ser atrativo, principalmente quando se requer grandes demandas de água para fins menos nobres, como é o caso. O sistema proposto permite obter um volume de água armazenada em reservatório proveniente das chuvas da região, que atende a uma demanda de 94 % do consumo não potável do referido *campus*, o que proporcionará uma economia significativa de água comprada mensalmente à Companhia de Água da Paraíba - CAGEPA.

Palavras-chave: Uso da água. Aproveitamento de água de chuva. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The expectation of drinking water shortage for the next years has been a motivating factor to search for alternatives to supply the demand of future generations, to promote rational use of water and to reduce its waste. Once water is directly linked to people's maintenance and quality of life, also jeopardizing all living species in our planet, it is imperative that the entire civil, business and industrial society as well the government and its public institutions seek mechanism to preserve it. This research aimed at proposing a system of rainwater usage for Campina Grande *campus* of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Paraíba – IFPB and analyzing the economic viability of its establishment. The general goal was to evaluate the possibility of rainwater usage for non-drinking use in flush toilets, car wash and garden watering as sustainable mechanism of water rational usage in order to minimize drinking water waste, reduce costs of water bought by the institution and to comply with the sustainability criteria required by the Normative Instruction number 01/2010 of the Planning, Budget and Management Ministry – MPOG. The methodological approach was based on descriptive and exploratory parameters, with data obtained *in loco* by means of photographic and documental registers of the mentioned IFPB *campus*. In order to develop this study, data was collected referring to supply of rainwater in the region, and the survey of annual water consumption in the cited *campus*, the estimate of non-drinking water demand and the measurement of the storage reservoir were accomplished. Economic analysis of the investment was done by financial mathematical tools, and for a 787 m³ reservoir, the cost involved of R\$ 180.447,44, the benefit/cost ratio of 2,52, the payback period of 9,83 years and the net present value of R\$ 274.701,45 were found. Therefore, the economic viability of the rainwater harvesting system implementation was proved and it showed to be attractive, especially when it requires a very high demand of water with less noble purposes, as it is the case. The proposed system allowed the storage of rainwater which meets a demand of 94% of non-drinking consumption of the mentioned campus. This will provide meaningful saving of water acquired from the Water Company of Paraíba – CAGEPA.

Keywords: Water usages. rainwater harvesting. Economic viability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - CICLO HIDROLÓGICO NA SUPERFÍCIE DA TERRA	20
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA	21
FIGURA 3 - FOTOS DA MONTANHA DE MASADA	32
FIGURA 4 - RUINAS DE MASADA	33
FIGURA 5 - ESQUEMA DOS ELEMENTOS DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	45
FIGURA 6 - SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA COM RESERVATÓRIO DE AUTO-LIMPEZA.....	46
FIGURA 7 - PERCENTUAL DE CONSUMO D'ÁGUA NO CONSUMO DOMÉSTICO, NO BRASIL	47
FIGURA 8 – PORTÃO DE ENTRADA E GUARITA DO <i>CAMPUS</i> CAMPINA GRANDE.....	61
FIGURA 9 - VISTA FRONTAL DA ENTRADA DO ESTACIONAMENTO E RESERVATÓRIO SUPERIOR	62
FIGURA 10 – DETALHES DO BANHEIRO FEMININO DO <i>CAMPUS</i>	63
FIGURA 11 – DETALHES DO BANHEIRO MASCULINO COM MICTÓRIOS	63
FIGURA 12 - GRAMADOS ENTRE BLOCOS.....	64
FIGURA 13 - GRAMADOS NO PÁTIO DO ESTACIONAMENTO.....	64
FIGURA 14 – ESQUEMA DO PROJETO INICIAL DO <i>CAMPUS</i> CAMPINA GRANDE -IFPB	65
FIGURA 15 - VISTA AÉREA DO <i>CAMPUS</i> CAMPINA GRANDE.....	65
FIGURA 16 - VISTA EXTERNA DOS BLOCOS DE SALAS DE AULA E GRAMADOS	66
FIGURA 17 - PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS – <i>CAMPUS</i> CAMPINA GRANDE IFPB	67
FIGURA 18- PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL EM CAMPINA GRANDE - PB (1911-1985).....	74
FIGURA 19- CONSUMO MÉDIO NOS ÚLTIMOS TRÊS ANOS (PERÍODO DE 2009- 2011)	76
FIGURA 20 - CUSTO DO RESERVATÓRIO EM FUNÇÃO DO VOLUME.....	82
FIGURA 21 - FILTRO DE AREIA	83
FIGURA 22 -VPL EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO.....	86
FIGURA 23 - RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO (M ³)	87
FIGURA 24 - PERÍODO DE RETORNO, EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	89

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -CLASSIFICAÇÃO DA ONU SEGUNDO A DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO PLANETA.....	21
TABELA 2 -ESTIMATIVA DE DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO MUNDO.....	22
TABELA 3-DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO, RECURSOS HÍDRICOS E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL	22
TABELA 4- DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA REGIÃO NORDESTE.....	23
TABELA 5- CRESCIMENTO POPULACIONAL E PORCENTAGEM DE CADA REGIÃO (PERÍODO 2000-2010)	23
TABELA 6- TABELA DE PADRÃO ORGANOLÉPTICO DE POTABILIDADE	37
TABELA 7-PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS RESTRITOS NÃO POTÁVEIS	39
TABELA 8 - DEMANDA NAS UNIDADES HIDRÁULICO-SANITÁRIAS.....	47
TABELA 9- CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL NA ALEMANHA NO ANO DE 1998.....	48
TABELA 10 - CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL NOS ESTADOS UNIDOS.....	48
TABELA 11-DESAGREGAÇÃO DA ÁGUA RESIDENCIAL NA HOLANDA.....	48
TABELA 12-CONSUMO ESPECÍFICO EM FUNÇÃO DA NATUREZA DA EDIFICAÇÃO	49
TABELA 13-ALGUNS PARÂMETROS DE ENGENHARIA UTILIZADOS NA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA POTÁVEL PARA USO EXTERNO.	51
TABELA 14-COEFICIENTES DE RUNOFF DE ACORDO COM O TIPO DE TELHA.....	52
TABELA 15-MÉTODO DE RIPPL PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO.....	69
TABELA 16-EXPRESSÕES MATEMÁTICAS PARA DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES ECONÔMICOS	71
TABELA 17-DADOS PLUVIOMÉTRICOS DE CAMPINA GRANDE/PB – MÉDIA HISTÓRICA (1911-1985)	73
TABELA 18-RELATÓRIO DE CONSUMO DE ÁGUA COMPRADA PELO CAMPUS CAMPINA GRANDE - IFPB (ANO 2009)	75
TABELA 19-RELATÓRIO DE CONSUMO DE ÁGUA COMPRADA PELO CAMPUS CAMPINA GRANDE – IFPB (ANO 2010)	75
TABELA 20-RELATÓRIO DE CONSUMO DE ÁGUA COMPRADA PELO CAMPUS CAMPINA GRANDE – IFPB (ANO 2011).....	76
TABELA 21-MÉDIA DE CONSUMO DE ÁGUA COMPRADA NOS ÚTIMOS 3 ANOS (2009-2011)	77
TABELA 22-DEMANDA TOTAL DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NO CAMPUS CAMPINA GRANDE	78
TABELA 23-DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE RIPPL.....	79
TABELA 24-ESTIMATIVA DE CUSTOS DO RESERVATÓRIO INFERIOR EM VOLUMES VARIADOS.....	81
TABELA 25-ESTIMATIVA DE CUSTO DE CONSTRUÇÃO DE RESERVATÓRIO SUPERIOR PARA DIFERENTES VOLUMES	81
TABELA 26-VALOR PRESENTE LÍQUIDO EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	86
TABELA 27-RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	87
TABELA 28-RELAÇÃO PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	88

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA -	Agência Nacional de Águas
CAGEPA -	Companhia de Água e Esgoto da Paraíba
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPB -	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
INMET-	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT -	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MEC -	Ministério da Educação
MPOG -	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
NBR -	Norma Brasileira
OMS -	Organização Mundial da Saúde
ONU -	Organização das Nações Unidas
PNUD -	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SABESP -	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEDU -	Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República
SUDENE -	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ALGUMAS LEIS MUNICIPAIS SOBRE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	31
QUADRO 2 - PADRÃO MICROBIOLÓGICO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	37
QUADRO 3 - CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO GRAU DE PUREZA E UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 <i>Objetivo Geral</i>	17
1.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 <i>A Água e Sua Relevância</i>	18
2.1.1 O Ciclo hidrológico	19
2.1.2 Disponibilidade hídrica no Brasil e no mundo	21
2.2 <i>Política Nacional de Recursos Hídricos e Legislação Correlata</i>	24
2.3 <i>Aproveitamento de água de chuva</i>	32
2.3.1 Histórico do aproveitamento de água de chuva.....	32
2.3.2 Usos da água de chuva.....	34
2.3.3 Qualidade de água de chuva	35
2.3.4 Vantagens do aproveitamento	42
2.3.5 Sistemas de aproveitamento	44
2.3.6 Viabilidade econômica do aproveitamento de Água de chuva.....	55
3 – MATERIAL E MÉTODOS	61
3.1 <i>Identificação e caracterização do local de estudo</i>	61
3.2 <i>Levantamento da demanda de água não potável</i>	68
3.3 <i>Dimensionamento do reservatório</i>	68
3.4 <i>Viabilidade econômica de projetos</i>	70
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
4.1 <i>Coleta de dados e análise técnica</i>	73
4.1.1 Dados pluviométricos do município de Campina Grande.....	73
4.1.2 Levantamento do consumo de água.....	74
4.1.3 Estimativa das demandas de água não potável.....	77
4.1.4 Dimensionamento do reservatório.....	79
4.2 <i>Análise econômica</i>	80
4.2.1 Custos de investimento direto e de exploração	80
4.2.2 Custo de investimento indireto	84
4.2.3 Custo de exploração.....	84
4.2.4 Indicadores econômicos	85
4.2.5 Considerações Finais	89
5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE	101

1. INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é uma necessidade fundamental e assim, um direito básico, além de ser um bem de domínio público reconhecido em lei. A Ciência reconhece que não há vida, sem água, pois é um bem imprescindível necessário ao consumo, preparação de alimentos e bebidas, higiene, produção agrícola, industrial, entre outros fins tão essenciais para a manutenção da sobrevivência.

Segundo Bassoi e Guazelli (2004), no Brasil estima-se que são consumidos, em média, 246 m³/habitante/ano, considerando todos os usos da água, inclusive para a agricultura e indústria. Como fator de produção de bens, a larga utilização da água na indústria e notadamente na agricultura, mostra a importância desse recurso natural.

Diante do imenso espectro de crescente escassez de suprimento de água potável em qualidade e quantidade adequada, e das exigências legais, é necessário se buscar estratégias para a gestão sustentável dos recursos hídricos. A questão da sustentabilidade centraliza-se na gestão dos usos da água para o consumo, de modo que não se provoquem impactos negativos para o uso das futuras gerações.

Visto que a água está diretamente ligada à manutenção e qualidade de vida da população, comprometendo também, qualquer espécie de vida no nosso planeta, é imperativo que toda a sociedade civil, empresarial, industrial, como também o Governo e suas Instituições Públicas, busquem mecanismos para preservá-la.

Com a crescente demanda de consumo de água no âmbito do *Campus* do IFPB em Campina Grande, torna-se evidente a necessidade de se buscar alternativas que possibilitem o seu uso racional com redução do impacto ambiental causado pelo mau uso e desperdício.

Para desenvolvimento da presente pesquisa, inicialmente são apresentados, com base na literatura científica, alguns conceitos e estudos relacionados ao ciclo da

água, a disponibilidade hídrica no planeta e a importância do seu aproveitamento com um breve histórico do uso racional de água em edificações. Na sequência, são comentados a evolução e os aspectos legais da Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil e no mundo. De acordo com as referências apresentadas em trabalhos nacionais e estrangeiros relativos ao assunto, foram destacados tópicos relativos ao sistema de aproveitamento de água de chuva e os aspectos técnicos necessários a sua implantação.

A abordagem metodológica escolhida e elaborada foi baseada nos parâmetros descritivos e exploratórios, com dados obtidos *in loco* com registros fotográficos e documentais do referido *Campus* do IFPB.

Por fim, como a questão financeira é fator motivador para a implementação de programas de uso racional desse insumo, são apresentados resultados e conclusões relativas à avaliação econômica do investimento, bem como a análise do custo x benefício e discussões sobre as alternativas apresentadas.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica do aproveitamento de águas pluviais para uso não potável no *Campus* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB em Campina Grande.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar os diferentes tipos de usos da água na Instituição;
- Quantificar o volume de água de abastecimento consumido e o gasto financeiro num determinado período;
- Investigar a oferta de água de chuva na região e a correspondente demanda no referido *Campus* do IFPB;
- Estudar as possibilidades de usos da água de chuva no *Campus* Campina Grande do IFPB;
- Dimensionar o reservatório para acumulação de água de chuva.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Água e Sua Relevância

A água é um recurso natural essencial, seja como componente na estrutura de seres vivos, seja como meio de vida da várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores socioculturais e como fator de produção de bens de consumo e produtos agrícolas. Ela é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, representando no ser humano 60% do seu peso, nas plantas atinge 90% e em certos animais aquáticos esse percentual atinge até 98% (BASSOI; GUAZELLI, 2004).

Outros usos da água são: abastecimento público, dessedentação animal, uso industrial, agricultura irrigada; geração de energia elétrica, transporte aquaviário, turismo e lazer, aqüicultura e pesca.

Apesar de ser um bem indispensável à vida, sabe-se que a água é um recurso finito, sendo um consenso entre as nações a premissa de que a sua preservação é vital para sobrevivência humana.

A Agenda 21, em seu capítulo 18.17, diz:

“18.17 - O papel da água como um bem social, econômico e sustentador da vida deve-se refletir em mecanismos de manejo da demanda e ser implementado por meio de conservação e reutilização da água, avaliação de recursos e instrumentos financeiros (AGENDA 21, 2001)”.

A nível mundial as atividades antrópicas já atingiu uma escala de utilização dos recursos naturais disponíveis que obriga a toda população a pensar no futuro de uma nova forma. Segundo a OMM/UNESCO (1997 *apud* SETTI *et al.*, 2001) é previsto que a população mundial se estabilizará por volta do ano 2050, entre 10 e 12 bilhões de habitantes, o que representará cerca de 3 a 5 bilhões a mais que a população atual, enquanto a quantidade de água disponível para uso permanece a mesma.

De acordo com Setti *et al.* (2001) estima-se que, mais de 1 bilhão de pessoas vivem em condições insuficientes de disponibilidade hídrica para consumo e que, em 25 anos, cerca de 5,5 bilhões de pessoas estarão vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água. Quando se analisa o problema de maneira global, observa-se que hoje existe quantidade de água suficiente para o atendimento de toda a população. No entanto, a distribuição não uniforme dos recursos hídricos e da população sobre o planeta acaba por gerar cenários adversos quanto à disponibilidade hídrica em diferentes regiões.

Também a Organização Mundial de Saúde – OMS estima que em 2025, 1 bilhão de pessoas no mundo não terá água potável para consumir (SABESP, 2011).

Segundo Jackson *et al.* (2001), no próximo século, mudanças climáticas e um crescente desequilíbrio entre o fornecimento de água doce, o consumo e a população vão alterar ciclo da água de forma dramática. Muitas regiões do mundo já estão limitadas pela quantidade e qualidade da água disponível. A menos que a eficiência do uso da água aumente, esse desequilíbrio irá reduzir a disponibilidade de água doce no ecossistema, aumentar o número de espécies aquática ameaçadas de extinção, e fragmentar ainda mais as zonas úmidas, os deltas dos rios, e estuários.

Assim, diante do quadro de escassez de água potável em diversas regiões do continente associado aos conflitos mundiais que surgem ao longo da história, é previsto que a disputa por água e suas fontes, muito em breve se torne motivo de guerras, visto que ela é o elemento mais importante para a sobrevivência da espécie humana. *“Muitas das guerras do século 20 foram por causa do petróleo, mas as previsões indicam que as guerras do século 21 serão por causa da água”* (RAINWATER TECHNOLOGY, 2011).

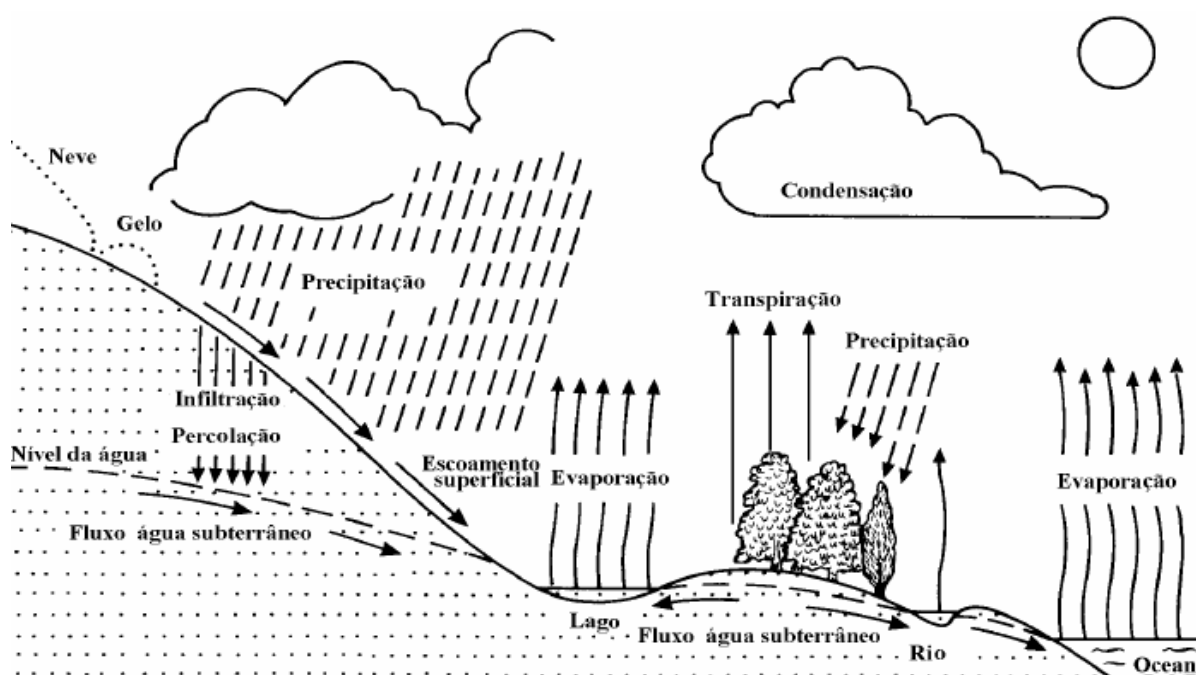
2.1.1 O Ciclo hidrológico

O movimento cíclico da água do mar para a atmosfera e desta, por precipitação, para a terra, onde se desloca nos cursos d'água para daí voltar ao mar, é chamado de ciclo hidrológico (BASSOI; GUAZELLI, 2004). Por causa da radiação solar, a água do mar evapora e as nuvens de vapor d'água formadas movem-se

sobre áreas terrestres, onde cai em precipitação em forma de neve, granizo ou chuva, e então, a água inicia a trajetória de volta ao mar. Parte da precipitação que cai sobre a terra infiltra-se no solo e por percolação atinge a zona saturada abaixo do nível do lençol freático, ou superfície freática. A água nessa zona flui vagarosamente através de aquíferos para os canais dos rios ou, algumas vezes, diretamente para o mar. A água infiltrada também é absorvida pelas raízes das plantas que depois de assimilada é transpirada a partir da superfície das folhas para a atmosfera novamente.

A precipitação é parte importante do ciclo hidrológico, sendo responsável por retornar a maior parte da água doce ao planeta. A Figura 1 ilustra o ciclo da água.

Figura 1 - Ciclo hidrológico na superfície da Terra



Fonte: Tucci (2001)

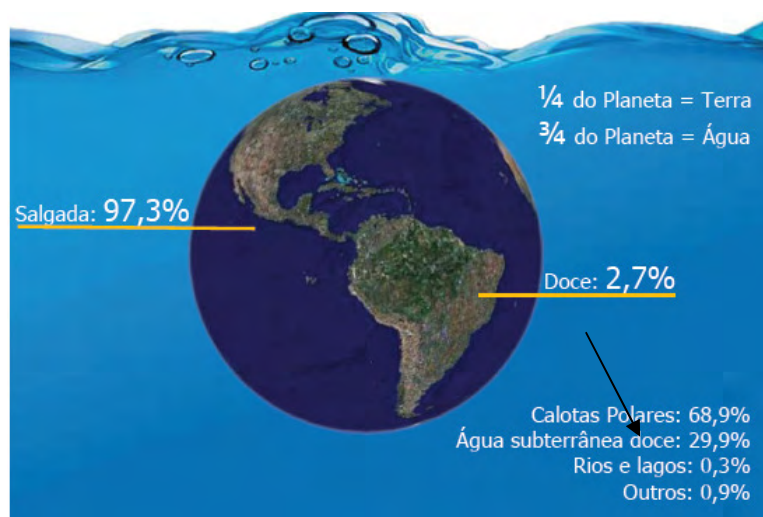
Porém, segundo Bassoi e Guazelli (2004), tal ordem cíclica de eventos, não ocorre de maneira tão simplista, pois a precipitação pode ser diretamente sobre o mar, lagos ou cursos d'água, experimentando um curto circuito em vários estágios. Além disso, não há uniformidade no tempo em que o ciclo ocorre, alterando-se tanto nos períodos de seca, quanto nos períodos de cheias. Por outro lado, a intensidade e a frequência do ciclo dependem da geografia e do clima, uma vez que ele opera como resultado da radiação solar, a qual varia conforme a latitude e estação do ano. Portanto, as várias partes do ciclo podem ser de tal ordem complicadas que o

homem só pode exercer algum controle em sua última parte, quando a chuva já caiu sobre a terra e está empreendendo seu caminho de volta ao mar.

2.1.2 Disponibilidade hídrica no Brasil e no mundo

Apesar de parecer abundante, o percentual de água doce disponível no Planeta representa apenas 2,7%. Dessa parcela aproximadamente 0,3% estão nos rios e lagos e o restante nos lençóis freáticos e aquíferos, nas calotas polares, geleiras, neve permanente e outros reservatórios, como pântanos, etc. A Figura 2 ilustra a disponibilidade de água na superfície do nosso planeta.

Figura 2 - Distribuição da água no planeta



Fonte: SABESP (2011)

Considerando a disponibilidade hídrica de uma região, a Organização das Nações Unidas (ONU) classifica em Abundante, Correta, Pobre ou Crítica, conforme quantidade de água ofertada. A Tabela 1 ilustra a classificação de uma região quanto à disponibilidade hídrica (valores em m³/hab.ano).

Tabela 1 -Classificação da ONU segundo a disponibilidade hídrica no planeta

Classificação ONU	Valores (m ³ /hab.ano)
Abundante	> 20.000
Correta	> 2.500
Pobre	< 2.500
Crítica	< 1.500

Fonte: SABESP (2011)

Em termos globais, as fontes de água doce são abundantes, no entanto em relação à oferta por habitante/ano, a quantidade varia por região e, quase sempre, é mal distribuída, como se observa na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa de disponibilidade de água no mundo

Região	População (mil habitantes)	Oferta (km³/ano)	Oferta (m³/hab.ano)
África	778.485	3.996	5.133
América Central	130.710	1.057	8.084
América do Norte	304.078	5.309	17.458
América do Sul	331.889	10.081	30.374
Brasil	165.158	5.745	34.784
Ásia	3.588.876	13.207	3.680
Europa	729.405	6.235	8.547
Oceania	29.460	1.614	54.795
Mundo	5.929.840	41.498	6.998

Fonte: (MOREIRA, 2001)

Bassoi e Guazelli (2004) diz que até mesmo no Brasil, que possui a maior disponibilidade hídrica do planeta, com cerca de 13,8% do deflúvio médio mundial (5.745 km³/ano), a situação não é diferente, visto que 68,5% dos recursos hídricos estão localizados na região Norte, na qual habitam cerca de 7% da população brasileira; 6% estão na região Sudeste, com quase 43 % da população e pouco mais de 3% estão na região Nordeste, na qual habitam 29% da população.

Assim, a maior parte dos recursos hídricos do Brasil está nas regiões Norte e Centro-Oeste, regiões que detém as menores parcelas da população. Ao contrário, nas regiões Sudeste e Nordeste, que detém o maior percentual da população no país apresenta o menor percentual de recursos hídricos, sendo a disponibilidade hídrica menor do que a necessária para abastecimento que é de 1.700 m³/hab.ano (MAIA NETO, 1997).

A Tabela 3 apresenta os dados da distribuição do recursos hídricos no Brasil e disponibilidade hídrica em m³/hab.ano, por região. A Tabela 4 apresenta os dados da população e disponibilidade hídrica para os estados da região Nordeste.

Tabela 3-Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil

Região	População	(%)	Recursos Hídricos (%)	Disponibilidade hídrica (m³/hab.ano)
Norte	12.919.949	7,6	68,5	494.445
Nordeste	47.676.381	28,1	3,3	3.853
Sudeste	72.262.411	42,6	6,0	4.545
Sul	25.071.211	14,8	6,5	14.824
Centro-Oeste	11.611.491	6,8	15,7	64.273

Fonte: Adaptado de Maia Neto (1997)

Tabela 4- Distribuição da população e disponibilidade hídrica na região Nordeste

Estado	População	Disponibilidade hídrica (m³/hab.ano)
Alagoas	2.816.172	1.546
Bahia	13.066.910	2.720
Ceará	7.418.476	2.058
Maranhão	5.642.960	14.794
Paraíba	3.439.344	1.320
Pernambuco	7.911.937	1.171
Piauí	2.841.202	8.604
Rio Grande do Norte	2.771.538	1.526
Sergipe	1.781.714	1.431

Fonte: Adaptado de Maia Neto (1997)

Conforme demonstra a Tabela 4, nos Estados da Paraíba, Pernambuco e Sergipe, a disponibilidade hídrica é considerada crítica, de acordo com a Tabela 1.

Considerando os dados obtidos no Censo (IBGE, 2010) disponibilizados na Tabela 5, verifica-se que nos últimos dez anos, ocorreu no Nordeste um aumento populacional em torno de 11%, o que comparado aos dados da Tabela 3, demonstra redução da disponibilidade hídrica por habitante/ano.

Tabela 5- Crescimento populacional e porcentagem de cada região (período 2000-2010)

REGIÕES	POPULAÇÃO - CENSO 2000 (habitantes)	POPULAÇÃO - CENSO 2010 (habitantes)	CRESCIMENTO POPULACIONAL (2000-2010)	PORCENTAGEM DA POPULAÇÃO (ano 2010)	DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM 2010 (m³/hab.ano)
NORTE	12.900.704	15.865.678	23%	8,32%	402.043
NORDESTE	47.741.711	53.078.137	11%	27,83%	3.466
SUDESTE	72.412.411	80.353.724	11%	42,13%	4.096
SUL	25.107.616	27.384.815	9%	14,36%	13.591
CENTRO- OESTE	11.636.728	14.050.340	21%	7,37%	53.232
TOTAL	169.799.170	190.732.694		100,00%	

2.2 Política Nacional de Recursos Hídricos e Legislação Correlata

No que se refere às águas pluviais, a legislação brasileira normatizou o seu uso desde a década de trinta, quando instituiu pelo Decreto Federal Nº 24.643/1934 (BRASIL, 1934) o Código de Águas definido em seu texto, da seguinte forma:

“Art.. 102 - Consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.

Art. 103. As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido contrário.

Parágrafo único. Ao dono do prédio, porém, não é permitido:

1º, desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;

2º, desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

Art. 104. Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas as regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas.

(...)

Art. 106. É imprescritível o direito de uso das águas pluviais.

Art. 107. São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum.

Art. 108. A todos é lícito apanhar estas águas.

Parágrafo único. Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração.”

No Brasil, muito tem evoluído a respeito de critérios de proteção ao Meio Ambiente. A própria Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) prevê no seu Art. 225 que: *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”* Diz ainda, que: Para assegurar a efetividade desse direito,

incumbe ao Poder Público, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Mesmo antes de promulgada a Constituição Federal de 1988, já havia mecanismos de defesa do Meio Ambiente e recursos naturais. A Lei Federal Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu artigo 2º diz que:

“Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

(...)

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;”

Em relação aos recursos hídricos, com a preocupação diante das perspectivas futuras de escassez, algumas leis foram estabelecidas a respeito do sistema de uso e proteção das águas.

A Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997, Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Logo no primeiro artigo da referida lei são definidos os seus fundamentos, onde se destaca o seguinte:

“Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;”

(...)

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos, objetiva reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação do seu real valor, devendo incentivar a racionalização do uso da água.

Os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos visam basicamente: assegurar a atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos

críticos de origem natural ou decorrente do uso dos recursos naturais. Para isso, a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades

Práticas de gerenciamento, aproveitamento, reposição e reuso da água estão inseridos no contexto de desenvolvimento sustentável. O gerenciamento do uso da água e a procura por novas alternativas de abastecimento como o aproveitamento das águas pluviais, a dessalinização da água do mar, a reposição das águas subterrâneas e o reuso da água estão inseridos no contexto do desenvolvimento sustentável, o qual propõe o uso dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações (AGENDA 21, 2001).

Recentemente, o Governo Federal do Brasil instituiu através da Instrução Normativa nº 01/2010, critérios de sustentabilidade ambiental, na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional no que diz em seu Artigo 4º:

"Art. 4º - Nos termos do art. 12 da Lei nº 8.666, de 1993, as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental, tais como:"

(...)

"VII – aproveitamento da água da chuva, agregando ao sistema hidráulico elementos que possibilitem a captação, transporte, armazenamento e seu aproveitamento;"

Mesmo com as exigências da política de uso da água, na prática as mudanças estão ainda engatinhando e a fiscalização também é muito precária. Apesar de ainda pouco difundida, alguns municípios brasileiros têm discutido a implantação de critérios ambientais, tais como a captação de águas de chuva, na elaboração da legislação municipal. Muitos projetos de lei ainda estão em andamento.

Em algumas cidades, como no caso de Ponta Grossa - PR, Curitiba - PR, São Paulo-SP e Porto Alegre-RS, a retenção da água de chuva já está prevista em lei municipal.

Em São Paulo por determinação legal prevista na Lei Nº. 13.276/2002, tornou obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Estabelece que a água captada deva preferencialmente ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do termino da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis.

O Código Sanitário do Estado de São Paulo, Decreto 12.342/1978, não aceita que sistemas de água não potável sejam misturados ou tenham interligação ao sistema público de água potável, quando diz em seu artigo 12 que:

“Art. 12 – Não será permitida:

III – a interlocução de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que tenham água proveniente de outras fontes de abastecimento”.

Na Cidade de São Paulo, bem como em outras cidades do estado, o principal objetivo da captação da água de chuva é minimizar o risco de enchentes.

Em Ribeirão Preto, a Lei nº 9.520 de 18 de abril de 2002, tornou obrigatória, a construção de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².

Na cidade de Curitiba a lei municipal Nº. 10.785 de 18/09/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE que tem como objetivo instituir medidas visando induzir à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

A referida lei exige a implantação de sistemas de captação da água de chuva em novas edificações sem o qual será negado o alvará de construção, no que diz em seu artigo 7º:

“Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

*a) rega de jardins e hortas,
b) lavagem de roupa; c) lavagem de veículos; d) lavagem de vidros, calçadas e pisos”.*

Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as novas edificações”.

Outras cidades que também já possuem sua legislação municipal a respeito de aproveitamento de águas de chuva são: Rio de Janeiro - RJ, Santo André-SP, Guarulhos-SP, Ribeirão Preto-SP, Pato Branco e Foz do Iguaçu-PR.

No Rio de Janeiro, o Decreto municipal Nº. 23.940 de 30 de Janeiro de 2004 torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. O Decreto obriga os donos de terrenos acima de 500 m² de área construída ou cobertura impermeável a deixarem, ao menos, 30% da área com piso drenante ou construir reservatórios temporário de água da chuva. Além disso, a localização do reservatório, apresentando o cálculo do seu volume, deverá estar indicada nos projetos e sua implantação será condição para emissão do “habite-se”.

Segundo o Decreto municipal Nº 23.940/2004 do Rio de Janeiro, no caso de novas edificações residenciais multifamiliares, industriais, comerciais ou mistas que apresentem área do pavimento de telhado superior a quinhentos metros quadrados e, no caso de residenciais multifamiliares, cinquenta ou mais unidades, será obrigatória a existência do reservatório objetivando o reuso da água pluvial para finalidades não potáveis e, pelo menos, um ponto de água destinado a esse reuso, sendo a capacidade mínima do reservatório de reuso calculada somente em relação às águas captadas do telhado.

Diz ainda o Decreto que :

(...)

“Art. 4º - Sempre que houver reuso das águas pluviais para finalidades não potáveis, inclusive quando destinado a lavagem de veículos ou de áreas externas, deverão ser atendidas as normas sanitárias vigentes e as condições técnicas específicas estabelecidas pelo órgão municipal responsável pela Vigilância Sanitária visando:

I - evitar o consumo indevido, definindo sinalização de alerta padronizada a ser colocada em local visível junto ao ponto de água não potável e determinando os tipos de utilização admitidos para a água não potável;

II - garantir padrões de qualidade da água apropriados ao tipo de utilização previsto, definindo os dispositivos, processos e tratamentos necessários para a manutenção desta qualidade;

III – impedir a contaminação do sistema predial destinado a água potável proveniente da rede pública, sendo terminantemente vedada qualquer comunicação entre este sistema e o sistema predial destinado a água não potável.”

Também no Rio de Janeiro, a Lei Estadual Nº. 4.393, de 16 de Setembro de 2004, dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências, no que diz:

“Art. 1º - Ficam as empresas projetistas e de construção civil no Estado do Rio de Janeiro, obrigadas a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais que 50 m² de área construída, no Estado do Rio de Janeiro.

Art. 2º - A caixa coletora de água da chuva será proporcional ao número de unidades habitacionais nos empreendimentos residenciais ou à área construída nos empreendimentos comerciais.

Parágrafo único - As caixas coletoras de água da chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável, a utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, molhação de jardins, limpeza, banheiros, etc., não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável.”

No município de Foz do Iguaçu, a Lei nº 2.896, de 29 de março de 2004, cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

A Câmara Municipal de Pato Branco, Estado do Paraná, aprovou a Lei nº 2.349, de 18 de junho de 2004 que cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

Em relação à cidade de Porto Alegre, a Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008 previu que:

“Art. 9º: A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do Serviço de Abastecimento Público de Água, tais como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins. que não requeiram o uso de água potável proveniente.”

O Decreto Nº 16.305 ,de 26 de maio de 2009, que regulamentou a Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. No Artigo 4º desse decreto é previsto que: “as instalações hidrossanitárias das edificações deverão ser projetadas e executadas, contemplando o uso de equipamentos para o combate ao desperdício de água e o reaproveitamento das águas”, no que diz :

“§ 2º O reaproveitamento das águas das chuvas, para fins de uso não potável, será exigido nas edificações industriais e comerciais que apresentarem individualmente área de cobertura ou telhado igual ou superior a 500m² (quinhentos metros quadrados).”

(...)

“Parágrafo único. Em qualquer caso, as águas pluviais e servidas captadas e armazenadas para reaproveitamento deverão sofrer o tratamento necessário, para atender aos padrões de qualidade compatíveis com o uso previsto.”

No Quadro 1, apresentamos o resumo das principais leis municipais sobre aproveitamento de água de chuva no Brasil.

Quadro 1- Algumas Leis Municipais sobre aproveitamento de águas pluviais

Número da Lei	Abrangência	Objetivo
Lei n° 13.276/2002	São Paulo	Obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por cobertura e pavimentos nos lotes, edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Estabelece que a água captada deva, preferencialmente, ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do término da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis
Lei n° 10.785/2003	Curitiba- Paraná	Criou o programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, que tem como objetivo instituir medidas visando induzir a conservação, uso racional e utilização de fontes.
Lei n° 14.018/2005	São Paulo	Tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.
Lei n° 8.718/2006	Ponta Grossa- Paraná	O objetivo dessa lei é que todas as edificações apliquem o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial.
Lei n° 10.506/2008	Porto Alegre – Rio Grande do Sul	As novas edificações sem reaproveitamento das águas pluviais não ganharão o habite-se da prefeitura. Além disso os prédios serão obrigados a ter um hidrômetro para cada apartamento.

Fonte: Adaptado de Garrido & Ferreira (2011)

2.3 Aproveitamentos de água de chuva

2.3.1 Histórico do aproveitamento de água de chuva

O uso de água de chuva não é prática recente. Há diversos relatos históricos que o aproveitamento dessa água é realizado desde as civilizações mais remotas.

Anaya-Garduño (2001 TOMAZ, 2003) salientou o uso da água de chuva pelos Incas, Maias e Astecas. Tomaz (2003) cita que, numa das inscrições mais antigas do mundo, a Pedra Moabita encontrada no oriente Médio, período estimado em torno de 850 a.C, o rei Mesha sugere que seja feita um reservatório em cada casa para aproveitamento da água de chuva. No palácio de Knossos na ilha de Creta, são inúmeros os reservatórios escavados em rochas anteriores a 3.000 a.C., que aproveitavam a água da chuva para consumo humano.

Segundo Tomaz (2003), um local que se pode observar resquícios de armazenamento de água de chuva em cisternas escavadas na rocha há milhares de anos, é em Israel, onde se encontra o exemplo da fortaleza de Masada, com dez reservatórios, tendo capacidade total de 40 milhões de litros. A Figura 3 mostra vista de cima da Montanha de Masada e, a Figura 4 mostra um trecho das ruínas da fortaleza de Masada nos dias atuais.

Figura 3 - Fotos da Montanha de Masada



Fonte: Própria da autora

Figura 4 - Ruínas de Masada



Fonte: Própria da autora

Até mesmo no México, na península de Lucatã, existem cisternas ainda em uso, que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América. Há relatos da utilização de água de chuva em outros locais como na Mesopotâmia, há 2750 a.C. e em Monturque, Roma, onde foram descobertos doze reservatórios subterrâneos com entrada superior, onde cada unidade tinha largura de 3,08m, com comprimento de 6,65m e altura de 4,83m que perfaziam 98,93 m³ cada perfazendo o volume total de 1.187m³ e que era usado para abastecimento público (TOMAZ, 2003).

No cenário atual, muito tem se discutido a respeito do assunto em todo o mundo. Em muitos países, com o problema da escassez, a preocupação em economizar água potável para evitar um grande problema futuro, considera o aproveitamento de água de chuva para diversos fins, parte da prática local. Tomaz (2003) cita países industrializados como Japão e Alemanha seriamente empenhados no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, além dos Estados Unidos, Austrália e Singapura com diversas pesquisas sendo realizadas.

Na Alemanha, segundo Koenig (2003 *apud* SILVA, 2007), em janeiro de 2003, tornou-se lei a Diretriz Européia 98 / 83 / EG do *Concil for de Quality of Water for Human Consumption*. O interessante nesta lei é que não há restrição para uso da água de chuva em residências, em bacias sanitárias, irrigação de jardim, lavagem de roupas ou limpeza em geral.

2.3.2 Usos da água de chuva

A água de chuva serve principalmente para usos não-potáveis, sendo uma alternativa viável principalmente para onde não há a possibilidade de abastecimento com água tratada. Embora seja uma prática antiga, no cenário atual, se enquadra como uma alternativa atraente e renovada sob a ótica da sustentabilidade.

Nos programas de conservação e preservação, está presente a opção de aproveitamento de água de chuva em substituição as fontes hídricas existentes, especialmente para usos menos exigentes (menos "nobres").

Tomaz (2003) diz que em hipótese alguma a água de chuva deverá ser usada para fins potáveis. Entretanto, verifica-se que em regiões com disponibilidade hídrica crítica, como por exemplo, o semi-árido nordestino, água de qualidade inferior ainda é uma das poucas alternativas disponíveis para a população.

No seu estado bruto, apesar de não ser própria para beber, tomar banho ou cozinhar, a água de chuva serve para múltiplos usos numa residência, escola, comércio, indústria ou instituição. Para consumo, aconselha-se o uso em descargas de vasos sanitários, irrigação, lavagem de veículos, passeios calçadas, ruas e pátios. Em geral, a água de chuva é mole, sendo ótima para ser usada em processos industriais, além de ser ótima também para irrigação e utilização em piscinas.

Na Alemanha, o aproveitamento sistemático da água de chuva vem sendo feito desde o ano de 1980 e é sempre usada para fins não potáveis, em irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupas e uso comercial e industrial (TOMAZ, 2003).

Segundo Jaques *et al.* (2006), a água de chuva possui características passíveis de serem tratadas, canalizadas e armazenadas para distribuição e utilização nos mais diversos fins. A água de chuva não deve ser utilizada diretamente para o consumo humano. Entretanto tem potencial para utilização na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, na lavagem de calçadas e pátios, em sistemas de ar condicionado e em sistemas de combate de incêndios, entre outros.

Ariyananda e Gould (1999) apresentam em suas pesquisas, a possibilidade de aproveitamento da água de chuva para fins potáveis, após tratamento simples.

Os dados obtidos por Ariyananda (1999), por exemplo, revelam que a qualidade de água de chuva coletada depende do armazenamento e da gestão do sistema. O resultado mostra que a água de chuva coletada e armazenada com cuidado adequado, atende aos padrões microbiológicos de coliformes fecais estabelecidos pela OMS, para beber. Neste caso, deve-se entender que os autores consideraram em seus estudos, apenas comunidades de países que sofrem com problemas de escassez real (abaixo de 1000 m³/hab/ano, revelando também os aspectos sócio-econômicos e culturais da população destas regiões, onde o enfoque está na pouca disponibilidade natural de água.

2.3.3 Qualidade de água de chuva

De acordo com Das *et al.* (2010), a qualidade da água da chuva é um fator importante para decidir se a água é potável ou não. Em seus estudos realizados na Índia, foi verificado que o índice de qualidade da água é inversamente proporcional ao índice de urbanização, concluindo, portanto que existe um impacto da urbanização sobre a qualidade da água da chuva.

Segundo Gould (1999), existe um potencial de contaminação química e biológica da água de chuva captada para consumo humano, considerando o armazenamento em cisterna após escoamento sobre a superfície do solo ou telhado. O nível de risco de contaminação depende da concentração de agentes patogênicos/substâncias tóxicas presentes na água, do nível de exposição, vulnerabilidade e do impacto desses agentes sobre o indivíduo ou população afetada.

A recente Portaria do Ministério da Saúde, Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 define água potável como aquela para consumo humano cujos parâmetros atendam ao padrão de portabilidade e que não ofereça riscos à saúde. O padrão de portabilidade é o conjunto de valores (microbiológicos, físicos, químicos, organolépticos e radioativos) permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria.

A referida Portaria também dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de portabilidade. Esta portaria se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e de solução alternativa de abastecimento de água. Em seu artigo 16º a referida Portaria diz que a água proveniente de solução alternativa coletiva ou individual, para fins de consumo humano, não poderá ser misturada com a água da rede de distribuição.

No texto da referida Portaria acima citada, o controle da qualidade da água para consumo humano é definido como o conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição.

O Quadro 2 refere-se aos padrões microbiológicos de potabilidade da água para o consumo humano e a Tabela 6 estabelece os padrões organolépticos exigidos pelo Ministério da Saúde.

Quadro 2 - Padrão microbiológico da água para consumo humano.

Tipo de água		Parâmetro		VMP ¹
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ³		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatório e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Fonte: Ministério da Saúde – Portaria N° 2914/2011 (BRASIL,2011)

Tabela 6- Tabela de padrão organoléptico de potabilidade

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP ¹
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH3)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente ²		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor ³		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez 4		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade Hazen (mgPt-Co/L)

(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

(4) Unidade de turbidez.

Fonte: Ministério da Saúde – Portaria N° 2914/2011

Segundo Athayde Júnior *et al.*(2008), a qualidade da água pluvial coletada depende das características da área de captação e das tubulações empregadas para o transporte, e também das características da chuva (presença de poluentes, valor do pH, entre outros).

Jaques (2005) ressaltou que para ser utilizada para fins potáveis a água de chuva deve receber tratamento adequado para atender os padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde, a fim de remover cor, turbidez e coliformes fecais, parâmetros esses que se apresentam acima do máximo permitido pela Portaria MS 518/04, vigente na época. Para que não ocorram riscos a saúde de seus usuários, deve-se também verificar a qualidade da água de chuva da região em que esta será utilizada, bem como as finalidades de sua utilização.

Para o controle da qualidade da água de chuva, Rebello *et al.* (2006) sugeriram observar parâmetros físicos (turbidez, cor, odor, sólidos dissolvidos), químicos (pH, dureza e DBO) e biológicos (bactérias heterotróficas, coliformes totais, coliformes fecais e microorganismos patogênicos) após a coleta, filtração e armazenamento para usos não potáveis.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), os padrões de qualidade da água de chuva, para finalidades não potáveis, devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, sendo utilizada para usos mais restritos.

A Tabela 7 apresenta os parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos não potáveis, de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007).

Tabela 7-Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos não potáveis

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre (¹)	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uTb. Para usos menos restritos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante)ou antes da sua utilização	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA; Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio		
(¹)no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
uT é a unidade de turbidez		
uH é a unidade Hazen		

Fonte: ABNT 15527/97

Fendrich (2002) classifica as águas pluviais, quanto ao seu grau de pureza, de acordo com os locais de sua coleta, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação quanto ao grau de pureza e utilização das águas pluviais

Grau de Pureza	Área de Coleta das Águas Pluviais	Utilização das Águas Pluviais
A	Telhados (locais não usados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos. Se purificadas por tratamentos simples são potáveis ao consumo.
B	Coberturas, sacadas (locais usados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas imprópria para consumo (necessário tratamento).
C	Estacionamentos, Jardins artificiais	
D	Vias elevadas, Estradas de Ferro e Rodovias	

Fonte: adaptado de Fendrich (2002).

De acordo com Anecchini (2005), a água da chuva sofre perda de qualidade ao passar pela área de captação, pois acumula sujeira, como fezes de animais e/ou folhas de árvore, durante o período de estiagem. Em seus estudos, Anecchini (2005) verificou que quanto maior o volume de água da chuva descartada, melhor a qualidade da água que será direcionada ao reservatório.

Outros fatores interferem também na qualidade de água de chuva. Anecchini (2005) e Tomaz (2003) citam que fatores como localização geográfica (proximidade

de oceano), presença de vegetação, condições meteorológicas (regime de ventos), estação do ano e presença de carga poluidora na região onde caem as chuvas, contribuem para a qualidade da água.

Segundo Tomaz (2003), a qualidade da água de chuva pode ser encarada em quatro etapas:

- I. Qualidade da água antes de atingir o solo;
- II. Após escorrer pelo telhado;
- III. Dentro do reservatório;
- IV. No ponto de uso.

Na primeira etapa, a composição da água de chuva antes de atingir o solo varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.) com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora. A reação de certos gases na atmosfera, como dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e óxido de nitrogênio (NO_2), com a chuva, formam ácidos que diminuem o pH da água da chuva. Quando o pH é ácido, ele está em torno de 5,0. Porém em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há o fenômeno da “chuva ácida”.

Na segunda etapa, após escorrer pelo telhado, inicia-se o processo de contaminação e, dependendo do tipo de telhas, isso pode piorar. As fezes de pássaros, aves e de outros animais podem trazer problemas de contaminação por bactérias e de parasitas gastrointestinais. Como regra prática, Terry (2001 TOMAZ, 2003.p. 41) aconselha que os primeiros 1 mm a 2 mm de chuva devem ser rejeitados pois apresenta uma grande quantidade de bactérias.

Na terceira etapa, dentro do reservatório, os microorganismos que vierem do telhado e dos encanamentos irão se desenvolver, podendo causar diarreias e parasitose por amebas, se a água for utilizada para fins potáveis. Além disso, materiais sólidos que estejam no ar, podem se depositar no fundo do reservatório formando lama. A entrada do sol no reservatório deve ser bloqueada para evitar o crescimento de algas e a saída do extravasor deverá conter peneira para que não entrem animais pequenos. Recomenda-se que o reservatório seja limpo e

desinfectado pelo menos uma vez ao ano. Havendo suspeita de que a água do reservatório esteja contaminada, deve-se adicionar hipoclorito de sódio a 10% ou água sanitária.

Na quarta etapa, a água no ponto de uso deve atender as seguintes exigências: o odor e a cor não podem ser desagradáveis (caso ocorra deve ser feito tratamento com carvão ativado e ozonização; o pH deve estar entre 5,8 a 8,6; o cloro residual $\leq 0,5$ mg/L; Coliformes totais $\leq 1000/100$ mL (para águas de banhos públicos em piscinas) e Sólidos em suspensão (SS) ≤ 30 mg/L.

Braga (2008) cita alguns cuidados importantes que devem ser verificados para uma melhor qualidade da água de chuva:

- A área de captação deve ser conservada limpa, impermeabilizada (feita com material não tóxico) e livre de fissuras e vegetações;
- O sistema de filtragem deve ser implementado antes de a água entrar na cisterna;
- Para evitar entrada de animais na cisterna, deve-se colocar proteções em todas as entradas do tanque;
- O tanque deve ser mantido fechado impedindo a entrada de iluminação para evitar o crescimento de algas e microorganismos e sua proliferação;
- Periodicamente deve-se realizar a limpeza de calhas, telas e outros materiais que compõem o sistema de captação;
- O consumo direto da água do tanque sem qualquer tratamento após a primeira precipitação, deve ser evitado;
- Deve-se também evitar misturar a água captada da chuva com a de outras fontes de água.

De acordo com Jaques *et al.* (2006), a água de chuva, em seu estado bruto possui valores de cor, turbidez e coliformes fecais ligeiramente acima dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde. A maioria dos parâmetros físico-químicos apresenta um decréscimo de concentração em função do tempo. Para diminuir a concentração de partículas e elementos poluidores localizados no telhado que influenciam na elevação de sólidos suspensos, turbidez, cor e coliformes fecais, recomenda-se descartar a água de chuva dos primeiros 10 minutos. Em sistemas domiciliares de água de chuva, não deverá existir ligação entre a água potável e a

água de chuva, para impedir a contaminação da água potável pelos microorganismos presentes na água de chuva.

2.3.4 Vantagens do aproveitamento

Três grandes vantagens são freqüentemente associadas ao aproveitamento da água de chuva em edifícios: diminui a demanda de água potável; diminui o pico de inundações quando aplicada em larga escala, de forma planejada, em uma bacia hidrográfica; pode reduzir as despesas com água potável. TOMAZ (2003) afirma que pode estimar-se uma economia de 30% de água pública quando se utiliza água de chuva.

Segundo Rainwater Technology (2011), as principais vantagens do aproveitamento de água de chuva são:

- ✓ O sistema de captação pode fornecer água no próprio local ou perto dele onde a água necessária será utilizada;
- ✓ O sistema pode ser operado e gerenciado pelo usuário;
- ✓ Na coleta das águas, utilizam-se as estruturas existentes (telhados, por exemplo);
- ✓ Tem poucos impactos ambientais negativos em comparação com outras tecnologias de uso dos recursos hídricos;
- ✓ A água da chuva é relativamente limpa e a qualidade é normalmente aceitável para muitas finalidades, com pouco ou mesmo nenhum tratamento.
- ✓ As propriedades físicas e químicas da água são normalmente superiores às fontes de águas subterrâneas que podem estar submetidas facilmente à contaminação.

Outras vantagens do aproveitamento de águas pluviais são: Fornece um bom complemento para outras fontes de água e sistemas de utilidade, aliviando assim a pressão sobre outras fontes de água; Fornece um abastecimento de água para uso em situações de emergência ou avaria dos sistemas de abastecimento público de

água, particularmente durante desastres naturais; Pode também reduzir a carga de tempestade de drenagem e inundações em ruas da cidade; Além disso, os usuários de água da chuva são geralmente os proprietários que operam e gerenciam o sistema de captação, daí eles são mais propensos a exercer a conservação da água para estender a duração da oferta. As tecnologias de captação de água da chuva são flexíveis e podem ser construídas para atender quase todos os requisitos e a operação e manutenção não requer trabalho ou carga de energia intensa (RAINWATER TECHNOLOGY, 2011).

Segundo Fendrinch e Oliynik (2002), uma vantagem da utilização da água de chuva para usos não potáveis, em substituição a água tratada da rede pública, quando aplicada em descargas de vasos sanitários, máquinas de lavar roupas, irrigação de jardins, lavagem de veículos, limpeza de pisos e piscinas, é reduzir desperdícios e custos. Outra vantagem, a respeito da captação destas águas, esta atribuída à redução dos impactos causados pelas chuvas, como enchentes e erosões urbanas, devido à impermeabilização do solo.

De acordo com Giacchini (2010), ao adotar critérios de conservação nos usos da água, preservando a sua qualidade e quantidade, a humanidade caminha rumo à almejada sustentabilidade para garantia do acesso à água pelas atuais e futuras gerações. Neste contexto, coadjuvante ao uso racional da água nas edificações, as fontes alternativas, sobretudo a água de chuva, apresenta-se de forma contributiva para a preservação dos recursos hídricos.

Li *et al.*(2010) diz que, a utilização da água da chuva é essencial para melhorar o ambiente ecológico, e é uma das principais abordagens para conseguir recursos hídricos sustentáveis.

2.3.5 Sistemas de aproveitamento

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações consistem na captação, armazenamento e posterior utilização da água precipitada sobre superfícies impermeáveis de uma edificação, tais como: telhados, lajes e pisos. Assim, como os sistemas prediais de reuso de água, a sua aplicação é restrita a atividades que não necessitem da utilização de água potável (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Segundo Fewkes (1999), os sistemas de aproveitamento de água de chuva podem ser implantados nos sistemas hidráulicos prediais por meio de soluções tecnicamente simples que visam reduzir significativamente o consumo de água potável. Para regiões com períodos chuvosos freqüentes e bem distribuídos durante todo o ano, esse sistema é amplamente viável. Em regiões com períodos prolongados de estiagem a adoção desse sistema requer a implantação de unidades de reservação com dimensões maiores, o que torna o sistema mais oneroso. Nesse caso, é aconselhada a adoção de um sistema integrado de aproveitamento de água de chuva e de reuso de efluentes domésticos, de forma a tornar o sistema funcional durante todo o ano, ampliando assim, seu potencial de sustentabilidade.

Tomaz (2003) descreve a composição do sistema de captação de água de chuva, que é formado pelos seguintes subsistemas:

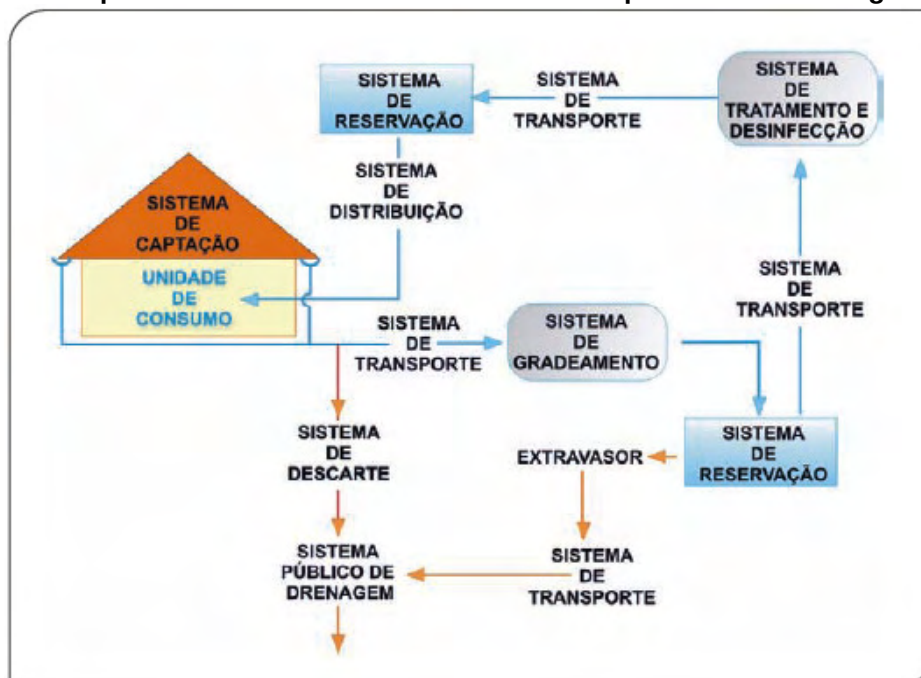
- a) Área de captação - São os telhados das casas e indústrias, podendo ser telhas de cerâmica, fibrocimento, zinco, concreto armado, revestido com asfalto, etc.;
- b) Calhas, condutores – São calhas que podem ser de PVC ou metálicas;
- c) By Pass – São tubulações as quais podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza para remoção da sujeira das primeiras chuvas coletadas;
- d) Peneira – Usada para remover materiais em suspensão, com tela de 0,2 mm a 1,0mm;
- e) Reservatório – Utilizadas para o armazenamento de águas pluviais, podendo ser apoiado, enterrado ou elevado. O material pode ser concreto armado,

alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc.;

- f) Extravador – Utilizado para evitar a entrada de pequenos animais.

Os principais elementos dos sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva podem ser esquematizados conforme a figura 5.

Figura 5 - Esquema dos elementos de um sistema de aproveitamento de água de chuva

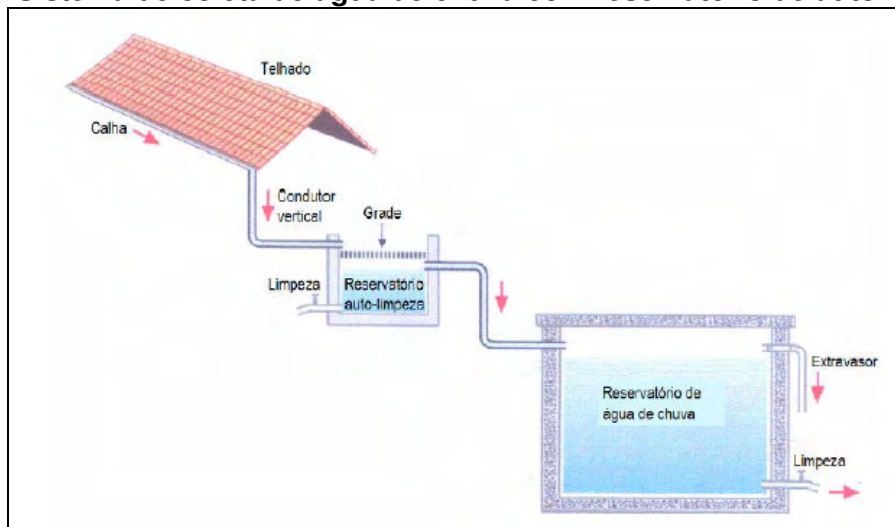


Fonte: OLIVEIRA *et al.* (2007)

O sistema de captação, filtragem e armazenamento da água é feita com a instalação de um conjunto de calhas no telhado, que direcionam a água para um tanque subterrâneo ou cisterna, onde ela será armazenada. Junto a esse reservatório é necessário instalar um filtro para retirada de impurezas, como folhas e outros detritos, e uma bomba, para levar o líquido a uma caixa d'água elevada separada da caixa de água potável.

Segundo May (2004), para a coleta de água de chuva é necessária a instalação de condutores verticais e horizontais, dispositivos para descarte da água de limpeza do telhado e reservatórios de acumulação (Figura 6).

Figura 6 - Sistema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza



Fonte: Tomaz (1998 *apud* May 2004)

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento da água pluvial é o reservatório, o qual deve ser dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, área de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema (MARINOSKI, 2007).

Segundo Braga (2008), o reservatório de água de chuva é um item que pode prejudicar o sistema como um todo, pois seu mau dimensionamento pode encarecer o sistema, devendo ser levado em consideração a precipitação local, a área de coleta e a demanda.

Segundo dados da ANA (2011), no Brasil utiliza-se em média, 61% da água no setor agrícola, 18% no setor industrial e 21% no consumo humano. No uso doméstico, o percentual de consumo é representado na Figura 7.

Figura 7 - Percentual de consumo d'água no consumo doméstico, no Brasil



Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas)

Fonte: ANA (2011)

Peters (2006 apud Braga, 2008) destaca na Tabela 8 a demanda de água potável por unidade hidráulico sanitária no Brasil.

Tabela 8 - Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias

Fonte	USP (2003)	IPT (2006)	Deca (2006)	PNCDA (2005)	Almeida et al. (1999)	Ikedo (2006)
Bacia sanitária	29%	5%	14%	5%	30,80%	33%
Chuveiro	28%	54%	47%	55%	11,70%	25%
Lavatório	6	7%	12%	26%	12,60%	25%
Pia de cozinha	17%	17%	14%	26%	13,00%	27%
Máquina de lavar roupa	9%	4%	8%	11%	16,20%	12%
Tanque	6%	10%	5%	-	-	12%
Máquina de lavar louça	5%	3%	-	-	-	-
Outros	-	-	-	3%	15,70%	3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Peters (2006)

Segundo Tomaz (2003), na Alemanha, a média de consumo de água é de 127 L/hab.dia, muito semelhante ao Brasil. A descarga na bacia sanitária representa o maior consumo de uma casa, cujo percentual varia de 27% a 41%. As Tabelas 9, 10 e 11 demonstram o consumo de água residencial respectivamente na Alemanha, nos Estados Unidos e na Holanda.

Tabela 9- Consumo de água residencial na Alemanha no ano de 1998

Uso da água	Consumo	
	Litros/habitante	Porcentagem
Água gasta em banho ou chuveiro e para fins higiênicos	46	36%
Descarga nas bacias sanitárias	34	27%
Lavagem de roupa	15	12%
Lavagem de pratos	8	6%
Limpeza e lavagem de carros e uso no jardim	8	6%
Pequenos trabalhos	11	9%
Preparação de comida e para beber	5	4%
Total	127	100%

Fonte: The Rainwater Technology Handbook (2001 *apud* TOMAZ, 2003)

Tabela 10 - Consumo de água residencial nos Estados Unidos

Tipos de uso da água	Porcentagem
Descarga nas bacias sanitárias	27%
Chuveiro	17%
Lavagem de roupa	22%
Vazamento em Geral	14%
Lavagem de pratos	2%
Consumo nas torneiras	16%
Outros	2%
Total	100%

Fonte: Vickers (2001 *apud* TOMAZ, 2003).

Tabela 11-Desagregação da água residencial na Holanda

Tipos de uso da água	Porcentagem
Descarga nas bacias sanitárias	41%
Banho e lavagem de roupa	37%
Cozinha – água para beber e cozinhar	2 a 6%
Cozinha – Lavagem de pratos	3-5%
Cozinha – Disposição de lixos	0 a 6%
Lavanderia	4%
Limpeza e arrumação geral na casa	3%
Rega de jardim com sprinkler	3%
Lavagem de carros	1%
Total	100%

Fonte: Syed (1994 *apud* TOMAZ, 2003).

A estimativa de consumo de água em prédios residenciais, comerciais, escolas ou repartições públicas, pode ser feita a partir de fórmulas matemáticas em função do tipo de edificações e sua finalidade, sendo função do que é produzido na

edificação, por exemplo, as refeições no restaurante sua área ou do número de pessoas que habitam ou freqüentam o lugar. (ANDRADE, 2011).

A estimativa de consumo de água, em função da natureza da edificação é fornecida pela Tabela 12.

Tabela 12-Consumo específico em função da natureza da edificação

PREDIO	CONSUMO (litros/dia.unidade)	Unidade
SERVIÇO DOMÉSTICO		
Residência de luxo	300 a 400	Per Capita
Residência de médio valor	150	Per Capita
Residências populares	120 a 150	Per Capita
Alojamento provisório	80	Per Capita
SERVIÇO PÚBLICO		
Edifícios de escritórios	50 a 80	Ocupante Efetivo
Escolas (internatos)	150	Per Capita
Escolas (externatos)	50	Aluno
Escolas (semi-internatos)	100	Aluno
Creches	50	Per Capita
Hotéis com cozinha e lavanderias	250 a 350	Hóspede

Fonte: Adaptado TSUTIYA (2006)

Para o dimensionamento do reservatório do sistema de captação de água de chuva em uma edificação é importante conhecer o consumo de água.

Andrade (2011) cita três fórmulas para cálculo de consumo de água em edificações.

a) Cálculo de consumo em função da edificação.

Para estimativa do consumo em uma escola é necessário a quantidade de alunos. O cálculo do consumo de água na escola é realizado pela Equação (1):

$$\text{Consumo escola} = 50 \text{ L/dia} \times \text{alunos} \times \text{número de alunos} \quad (1)$$

b) Cálculo do consumo mensal por BERENHAUSER E PULICI (1983 apud TSUTIYA, 2006).

BERENHAUSSER e PULICI (1983 *apud* TSUTIYA, 2006) estimaram através de pesquisa, o cálculo do consumo mensal da água em algumas atividades comerciais. A expressão para o cálculo de consumo para escolas de 1º e 2º graus é dada pela equação (2), a seguir.

$$C_{\text{mensal}} = 0,05 * AC + 0,1 * NV + 0,7 * NF + 20 \quad (2)$$

Onde: AC é a área construída, NV é o número de vagas e NF é o número de funcionários.

b) Modelo para previsão de consumo da SABESP e IPT (TSUTIYA, 2006).

Diferente dos dois métodos anteriores, não relaciona o consumo com o número de alunos nas escolas. A SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) desenvolveram modelos para estimativa do consumo de água em grandes consumidores (TSUTIYA, 2006). Isso foi feito com a finalidade de diminuir os erros oriundos dos hidrômetros. Para escolas, pré, de 1º e 2º graus, o consumo médio em metros cúbicos por mês é dado pela Equação (3):

$$\text{Consumo}_{\text{médio}} = -28,1 + 0,0191 \cdot AT + 2,85 \cdot NB + 4,37 \cdot NDC + 0,430VP + 1,05 NF \quad (3)$$

Onde: AT é a área total construída; NB é o número de bacias sanitárias; NDC é o número de duchas/chuveiros; VP é o volume das piscinas; NF é o número de funcionários.

Segundo Barroso *et al* (2009), em pesquisa realizada em uma escola municipal, a demanda de água não potável atingiu 75% do total e o resultado médio encontrado para frequência de uso dos sanitários foi de 1,50 vezes (descarga/pessoa/dia).

Para estimativa das demandas não potáveis, Silva (2007) diz que o cálculo abrange os diferentes usos numa residência, tanto internos quanto externos, considerando o número de moradores de habitação/empreendimento.

De acordo com Tomaz (2003), os valores adotados para estimativa de demanda de água para rega de gramado é de 2 litros/dia/m² e para lavagem de carros é de 150 litros/lavagem/carros com frequência de 4 lavagens por mês, conforme Tabela 13 que segue.

Tabela 13-Alguns parâmetros de engenharia utilizados na demanda residencial de água potável para uso externo.

Uso	Unidade	Valor
Rega de Gramado ou Jardins	Litro/dia/m ²	2
Lavagem de carros - Volume de água	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros - Frequência	Lavagem/mês	4

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

Athayde Júnior *et al.* (2006) verificaram, que a demanda por água não potável é de 84,6% para residência de padrão popular, 87,9% para residência de padrão médio e 90,7% para residência de alto padrão.

Quanto à demanda de água utilizada em rega de jardins, verifica-se que o volume de gasto de água é bastante considerável. Tomaz (2007) diz que Azevedo Neto recomenda adotar 2 L/dia/m² para irrigação de jardins, ou seja, 2 mm/dia. Regando-se 12 vezes por mês teremos, mensalmente 24 mm/mês.

Segundo Tomaz (2007) é importante destacar o valor da grama para o paisagismo, pois a mesma valoriza o imóvel em 6% a 15% além de outros aspectos tais como: o efeito estético e ornamental; bom para a recreação e esportes; reduz incêndios; reduz os danos de erosão no solo; reduz a temperatura de 1,1° C do que se fosse de concreto; reduz a temperatura de 0,9° C do que se fosse de solo nú; reduz a poeira; reduz barulhos de 30% a 40%; fornece oxigênio pela fotossíntese, entre tantos benefícios.

De acordo com Tomaz (2007), uma grama que consome muita água deverá ser evitada. O gramado mais adequado será aquele que se sustenta somente com as chuvas locais, não precisando de irrigação. Existem espécies que resistem melhor à seca e portanto necessitam de menor quantidade de água. As melhores espécies de gramas tolerantes a seca são: Batatais, Bermuda e Esmeralda.

Para utilização da água em irrigação de gramados, Tomaz (2007) enuncia quatro princípios de uma irrigação eficiente:

1. Quantidade de água a ser aplicada na planta e no solo.
2. Tempo de aplicação correto.
3. Aplicação uniforme da água.
4. Deverá ser evitado escoamento superficial (Runoff) e drenagem profunda.

Para irrigação de gramados, Tomaz (2007) diz que o gotejamento economiza cerca de 30% de água em relação a aspersão, mas tem alto custo e é usado para irrigar culturas nobres ou economicamente rentáveis como fruteiras, hortaliças e flores. Diz ainda que o sistema de gotejamento é adequado a condições de solo, clima e água menos favoráveis, por isso é muito usado em Israel desde a década de setenta, onde existe um predomínio de solos arenosos, clima árido e quantidade limitada de água com considerável teor de sais.

A eficiência e a confiabilidade do sistema de captação de água pluvial dependem basicamente do dimensionamento do reservatório ou cisterna. O dimensionamento leva em consideração alguns fatores como: demanda de água, disponibilidade hídrica, índice pluviométrico da região e o custo de implantação.

Conforme Fernandes *et al* (2007), a quantidade de água coletada pelo sistema depende do tamanho da área de captação (telhados, laje de edificação, calçada, dentre outros), da precipitação pluvial do local e do coeficiente de *Runoff*, ao passo que, para determinar o dimensionamento da cisterna que receberá a água da chuva usa-se como base de cálculo a área de captação, a média de precipitação na região e a demanda mensal do prédio que se pretende instalar o sistema de aproveitamento.

Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isso, usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de Coeficiente de Runoff (C), que é o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo total da água precipitada. A perda da água de chuva a ser considerada é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perda na limpeza e outras (TOMAZ, 2003). A Tabela 14 apresenta valores de coeficientes de Runoff (1996 *apud* TOMAZ, 2003).

Tabela 14-Coeficientes de Runoff de acordo com o tipo de telha

Tipo de Telhado de captação	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9

Fonte: Hofkes e Frasier (1996 *apud* Tomaz, 2003)

Segundo Amorim e Pereira (2008), a escolha do método de dimensionamento do reservatório deve ocorrer tendo em vista os interesses finais de utilização do sistema e a realidade local. Os autores mencionam que, em locais com altos índices pluviométricos pode-se optar por métodos mais conservadores, que apresentam volumes de reservação inferiores e que, em locais com baixos índices pluviométricos pode-se optar por métodos que superdimensionam o reservatório, de modo a garantir a demanda mesmo em períodos de estiagem.

Os métodos utilizados para o dimensionados do reservatório são: Método de Rippl, Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano, que são recomendados pela norma brasileira NBR 15527/2007 que dispõe sobre água de chuva e requisitos de aproveitamento de cobertas em áreas urbanas para fins não potáveis.

No método de Rippl, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de confiança (SCHILLER; LATHAN, 1982).

Segundo Tomaz (2003), para se aplicar o método de Rippl, se usa geralmente uma série histórica de precipitações mensais, a mais longa possível. As precipitações são transformadas em vazões que se dirigem ao reservatório. Este método pode ser aplicado tanto para chuvas mensais quanto para chuvas diárias, e pode ser resolvido para demanda constante ou para demanda variável.

Para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento de água de chuva pelo Método de Azevedo Netto, apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2008), tem-se o cálculo conforme a equação (4):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (4)$$

Onde:

V = volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros);

P = precipitação média mensal (mm);

A = área de contribuição (m²);

T = meses de pouca chuva ou seca.

O método prático Alemão é um método empírico segundo o qual se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável, conforme equação (5):

$$\text{Vadotado} = \text{mínimo entre (V e D)} \times 0,06 \text{ (6\%)} \quad (5)$$

Onde:

V = volume aproveitável de água de chuva anual, (L);

D = demanda anual da água não potável, (L);

Vadotado = volume de água do reservatório, (L).

O método prático inglês é empírico e está apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007). Este método estima o volume do reservatório como sendo 5% da chuva sobre a área de contribuição. Assim, o volume de chuva é obtido pela Equação (6):

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (6)$$

Onde:

P = precipitação média anual, (mm);

A = área de coleta em projeção, (m²);

V = volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, (L).

No método prático australiano apresentado pela NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume mensal de chuva é obtido pela seguinte equação (7)):

$$Q = \frac{(A \times C \times (P - I))}{1000} \quad (7)$$

Onde:

C=coeficiente de escoamento superficial, geralmente C = 0,80;

P = precipitação média mensal, (mm);

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente I = 2mm;

A = área de coleta, (m²);

Q = volume mensal produzido pela chuva, (m³).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório. A Norma propõe a equação (8) para o cálculo do volume de água reservado ao final de cada mês.

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t) \quad (8)$$

Onde:

$Q(t)$ = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m^3);

$V(t)$ = volume de água que está no tanque no fim do mês t , (m^3);

$V(t-1)$ = volume de água que está no tanque no início do mês t , (m^3);

$D(t)$ = demanda mensal, (m^3);

Para o primeiro mês, considera o reservatório vazio, isto é, $V(t-1)=0$.

Quando a equação : $v(t-1) + Q(t)- D(t)$ for < 0 , então o $V(t)=0$.

O volume do tanque escolhido será T , arbitrado inicialmente. Mas deve-se testar para que haja poucas falhas. Desta forma, a norma recomenda que se calcule a confiança do sistema dada pela equação (9):.

$$\text{Confiança} = (1-Pr) \quad (9)$$

onde:

Pr é a falha ($Pr = Nr/ N$);

Nr é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

A norma NBR 15527 recomenda que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

Dos métodos apresentados, apenas o Método de Rippl e Método prático Alemão, consideram a demanda mensal no dimensionamento do reservatório. Por ser este considerado um método empírico, foi adotado neste trabalho, o Método de Rippl por ser considerado o que mais se aproxima da realidade.

2.3.6 Viabilidade econômica do aproveitamento de Água de chuva

Segundo Hirschfeld (1992), o estudo de viabilidade de um empreendimento “é o exame 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*".

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 em caso de chuvas fortes (FENDRINCH, 2002).

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.

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.

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.

Segundo Silva (2007), o fluxo de caixa de um projeto permite fazer simulações que avaliam os custos de investimento, manutenção e operação e fornecerá o fluxo financeiro baseado em todos os indicadores relatados anteriormente. A taxa interna de retorno corresponde, de certo modo, ao retorno do capital envolvido no processo produtivo, num dado intervalo de tempo. Ao se elevar a taxa de custos com operação e manutenção, mais a taxa de desconto, ocorre uma redução no valor do saldo do projeto, e conseqüentemente isso se reflete na taxa

interna de retorno e tempo de retorno do investimento, onde dificilmente o projeto se tornará viável do ponto de vista econômico.

O valor presente líquido (VPL) é um indicador mais rigoroso e isento de falhas técnicas e corresponde à soma algébrica dos valores do fluxo de um projeto, atualizados à taxa ou às taxas adequadas de desconto. O indicador é um valor monetário e o projeto será avaliado como viável se apresentar VPL com sinal positivo. Assim, no caso de escolhas de alternativas de projetos, escolhe-se o com maior VPL positivo (YWASHIMA, 2005).

O valor presente líquido unitário (VPLU) é a relação entre o valor presente líquido e a soma atualizada dos investimentos na implantação do projeto.

Ao contrário do que muitos pensam a relação benefício/custo de uma implantação de projeto de aproveitamento de água de chuva, envolve aspectos técnicos, econômicos e sociais que, quando bem executado, pode apresentar resultados positivos surpreendentes. Entender sua importância é o primeiro passo para mudança cultural e de costumes, porém, o maior desafio é entender que os fins justificam os meios, pois o maior benefício está na integração da relação homem e o Meio Ambiente.

Cabe ressaltar que a economia em dinheiro, talvez seja o que o empresariado mais deseja, porém não é a economia de maior representatividade para a sociedade. Hoje a maior economia é a que priorize o racionamento de água, caso contrário as futuras gerações sofrerão com a sua falta (SILVA, 2007).

De acordo com Dias (2007), em projetos de engenharia a identificação dos benefícios e custos começam pela definição da vida útil ou alcance de projeto. O alcance do projeto corresponde ao período de atendimento das estruturas físicas projetadas, tanto equipamentos como obras civis. As instalações hidráulicas prediais são projetadas geralmente com alcance de 20 anos.

Os benefícios de um projeto abrangem todos os aumentos ou ganhos identificáveis, sejam em satisfação subjetiva, direta ou indireta, expressos em valores econômicos ou não. Eles podem ser classificados em diretos e indiretos, como também tangíveis e intangíveis. Os benefícios diretos estão constituídos pelos

resultados imediatos do projeto, tal como as economias obtidas pelas empresas de saneamento com as reduções nos consumos de água. Os benefícios indiretos são proporcionados, de maneira não intencional, pelos resultados do projeto. Em projetos de captação de águas pluviais, a vazão economizada dos mananciais poderá ser utilizada para outros fins, se constituindo em um benefício indireto desses projetos (DIAS, 2007).

Dias (2007) descreve os benefícios tangíveis, como aqueles que podem ser expressos em valores econômicos (*e.g.* a economia no consumo de água), enquanto os intangíveis são os que não admitem uma avaliação econômica direta (*e.g.* o interesse social, político e ambiental).

Em relação aos custos envolvidos nos projetos de saneamento, Dias (2007) descreve duas categorias: custos de investimento e custo de exploração. Os custos de investimentos são aqueles investidos para tornar o projeto concreto e correspondem a uma parcela de custos fixos. São divididos em custos diretos e indiretos. Os custos diretos são aqueles necessários para a formação física do projeto, isto é, para a aquisição de equipamentos, construções de instalações, adaptações, estruturas e outros. Os custos indiretos correspondem aos custos de engenharia, aos juros pagos por empréstimos durante a construção de projeto, etc.

Os custos de exploração são os correspondentes à operação e à manutenção do sistema, incluindo os administrativos. Diferentemente dos custos de investimento, que são fixos e incidem, normalmente, no início do projeto, os custos de exploração são variáveis e ocorrem em parcelas mensais, ou anuais, dependendo da escala de tempo (mensal ou anual) utilizada na análise (DIAS, 2007).

O critério da relação Benefício/Custo (B/C), apesar de ser bastante utilizado, é o que apresenta mais problemas. Esse indicador consiste na relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos. Para que o projeto seja viável, deve apresentar uma relação B/C maior que 1 e, quanto maior esse valor, mais atraente o mesmo será (YWASHIMA, 2005).

Segundo Dias (2007), este método é, geralmente, aplicado quando se deseja comparar várias alternativas de projetos. Todos os benefícios e custos envolvidos, ao longo do alcance, são transformados em valores presentes.

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. A expressão geral para a determinação do VPL é dada pela equação (10):

$$\text{VPL} = \text{Benefícios} - \text{Investimentos} - \text{Custos} \quad (10)$$

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.

Segundo May (2004), o aumento da eficiência do uso da água irá liberar suprimentos de água para outros usos, tais como: estabelecimento de novas indústrias, aumento na produtividade agrícola e a melhoria do Meio Ambiente

Existem evidências que o uso da água para fins não-potáveis em estabelecimentos comerciais, como escolas, prédios públicos e mesmo em indústrias, onde pode ser utilizada no processo produtivo, pode responder por mais de 50% do consumo. É necessária uma inspeção cuidadosa no local para uma avaliação precisa (SILVA, 2007).

Na maioria das edificações, a implementação de um Programa de Uso Racional da Água é motivada pela redução do valor da conta de água, principalmente quando se tratam de grandes consumidores, tais como hospitais, *campi* universitários etc. Em edificações públicas, o fator motivador não deixa de estar relacionado com o aspecto econômico, pois a conta, muitas vezes, não é paga e os prejuízos advindos da falta de manutenção ou, em resumo, do não conserto dos vazamentos e, do mau uso são normalmente de grande magnitude. (YWASHIMA, 2005).

Em se tratando de reservatórios de água de chuva, segundo Athayde Júnior *et al* (2008), para o padrão de residência popular, reservatórios de acumulação com capacidade reduzida resultam em maiores razões benefício/custo e menores períodos de retorno. Já o VPL tende a aumentar à medida que maiores volumes de água pluvial sejam utilizados. Considerando os prováveis aumentos que a água

sofrerá nos próximos anos, caso se queira recuperar o capital investido no sistema em menor tempo, a melhor opção é construir reservatórios com capacidade reduzida, porém, para longo prazo, reservatórios com maiores capacidades de armazenamento resultarão num maior retorno do investimento financeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A abordagem metodológica escolhida e elaborada nesta pesquisa foi baseada nos parâmetros descritivos e exploratórios, com dados obtidos *in loco* com registros fotográficos e documentais do referido *Campus* do IFPB.

3.1 Identificação e caracterização do local de estudo

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido no *Campus* Campina Grande (Figura 8) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), situado no bairro Dinamérica na cidade de Campina Grande - PB. A Figura 8 mostra a vista da Entrada Principal e Guarita e a Figura 9 mostra a vista frontal do reservatório elevado.

Figura 8 – Portão de Entrada e Guarita do *Campus* Campina Grande



Figura 9 - Vista frontal da entrada do estacionamento e reservatório superior



Inaugurado no ano de 2008, o *Campus de Campina Grande - IFPB*, ainda está em processo de expansão e possui atualmente 15 salas de aula com capacidade para 30 alunos em cada uma delas, 02 blocos administrativos, 01 biblioteca, 01 auditório, 08 passarelas, 01 gabinete médico/odontológico, 01 quadra esportiva 01 área de vivência, totalizando uma área total construída de 5.020,00 m², coberta com telha cerâmica. O *Campus* funciona nos três turnos com capacidade de 500 pessoas/turno (sendo 450 alunos, 20 técnicos administrativos e 30 professores). Atualmente o quantitativo populacional é de aproximadamente 1400 pessoas.

Em sua estrutura física, existem também instalados, 27 vasos sanitários (com caixas acopladas de 6 litros por descarga), 10 mictórios, 18 lavatórios e 11 chuveiros, distribuídos nos banheiros dos diversos setores. A Figura 10 mostra um detalhe do banheiro feminino e a Figura 11 mostra detalhe do banheiro masculino com mictórios, no *Campus*.

Figura 10 – Detalhes do banheiro feminino do *Campus*



Figura 11 – Detalhes do banheiro masculino com mictórios



A área de gramados, entre os blocos administrativos, salas de aula e estacionamento do *Campus* possui 728 m² (Figuras 12 e 13), sendo necessária a irrigação nos períodos em que ocorrem baixas incidências de chuvas. A Figura 12 e a Figura 13 mostram a vista de gramados respectivamente.

Figura 12 - Gramados entre blocos

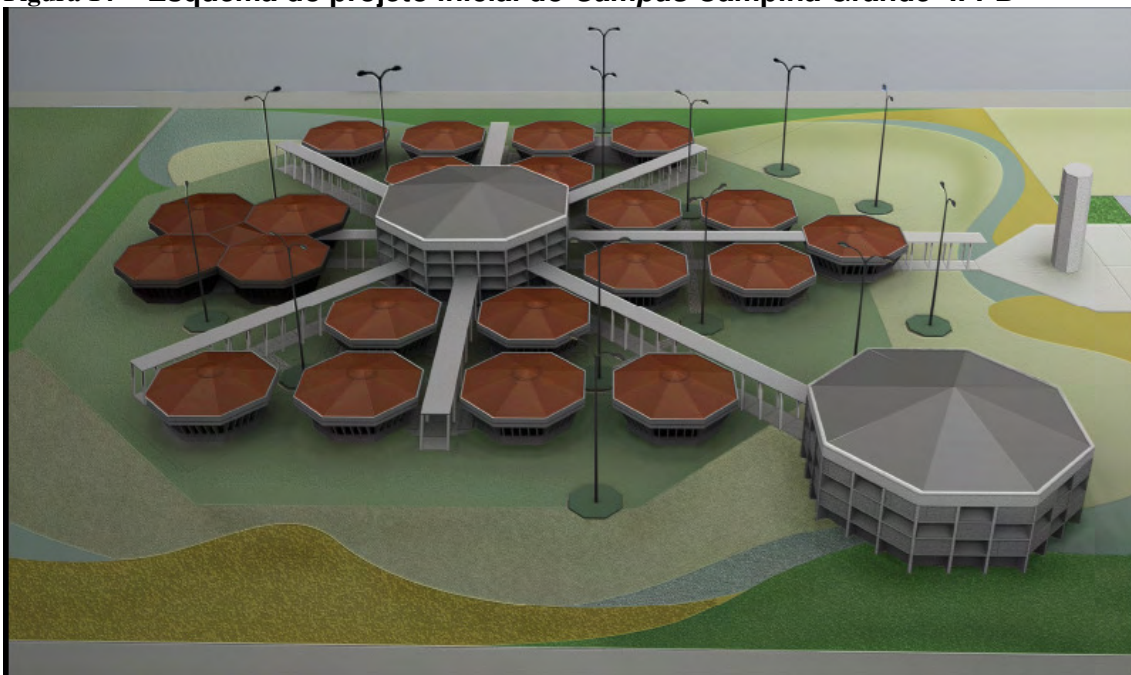


Figura 13 - Gramados no Pátio do estacionamento



A Figura 14 mostra a concepção inicial da planta de situação do *Campus* Campina Grande, a Figura 15 mostra vista aérea do *Campus* Campina Grande e a Figura 16 mostra a vista externa dos blocos de salas de aula e gramados.

Figura 14 – Esquema do projeto inicial do *Campus Campina Grande* -IFPB



Fonte: IFPB (2010)

Figura 15 - Vista aérea do *Campus Campina Grande*



Fonte: IFPB (2010)

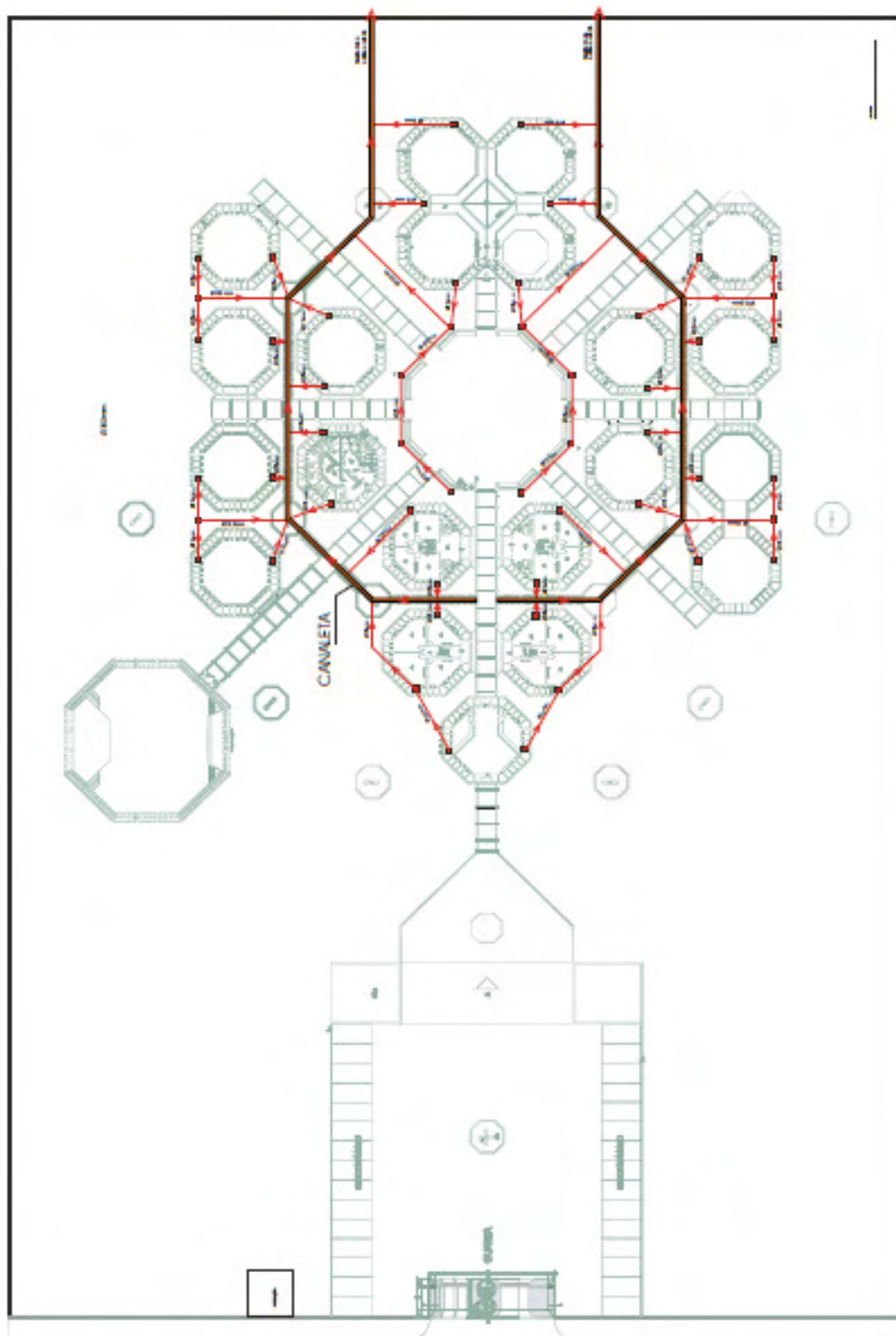
Figura 16 - Vista externa dos blocos de salas de aula e gramados



Fonte: IFPB (2010)

As instalações prediais de águas pluviais do *Campus Campina Grande* do IFPB foram concebidas juntamente com o projeto executivo em 2006. Naquela época, não foi definidos os usos do aproveitamento das águas das chuvas. No entanto a versão original do projeto em 2007 apresentava uma solução que interligava todos os pontos de captura de águas pluviais e canalizava para um ponto mais baixo do terreno, através de duas saídas principais, conforme mostra a Figura 17. Neste caso, será necessário adotar as providências no sentido de interligar todas as saídas de águas pluviais para que as mesmas possam convergir para um único ponto, ou seja, para um reservatório inferior e em seguida fazer o bombeamento para um reservatório elevado e distribuir para fins de utilização nas descargas de vasos sanitários e irrigação dos jardins, em redes independentes daquelas já existentes de água potável.

Figura 17 - Projeto de águas pluviais – *Campus Campina Grande IFPB*



3.2 Levantamento da demanda de água não potável

Inicialmente foi realizada uma pesquisa de campo para identificar os tipos de usos e a demanda de água potável consumida na Instituição. Também foi verificado o potencial de captação de água de chuva, através da medição da área de cobertura, bem como levantados os índices pluviométricos da região com o objetivo de obter dados quantitativos para dimensionamento do reservatório de armazenamento e posterior avaliação da viabilidade técnica e econômica do sistema. Os dados de precipitação foram obtidos da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE e do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Em seguida, foram analisadas as faturas mensais pagas, no período de 2009 a 2011, à Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA, computando-se o volume de água comprada e os custos financeiros utilizados para a manutenção do referido *Campus* do IFPB.

De posse destes dados, foi estimada, com base na literatura existente, a demanda de água utilizada para fins não potáveis em escolas. Para a presente pesquisa, foi considerada a utilização da água de chuva para uso em descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagem de pisos e veículos.

3.3 Dimensionamento do reservatório

O reservatório foi dimensionado para armazenamento da água de chuva coletada no telhado, admitindo-se sua utilização em fins menos nobres, como descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagens de veículos nas dependências do *Campus* Campina Grande do IFPB, sendo estes usos não-potáveis preponderantes no local. O *Campus* em questão é provido de 27 sanitários, sendo que cada um com descarga de 6 litros do tipo caixa acoplada. Para efeito de cálculo, a evaporação, interceptação, vazamentos e demais perdas estão inclusos no coeficiente de Runoff, sendo adotado o valor de 0,8 para telhas cerâmicas, tipo de telha utilizada no caso estudado.

Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva foi adotado o Método de Rippl. Segundo Tomaz (2003), é um método de

cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante, principalmente durante o período mais crítico de estiagem.

Para cálculo do volume do reservatório, utilizou-se a Tabela 15 fornecida pelo método de Rippl.

Tabela 15-Método de Rippl para dimensionamento de reservatório

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume chuva mensal C=0,80 (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda – volume de Chuva (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6
Janeiro					
Fevereiro					
Março					
Abril					
Maio					
Junho					
Julho					
Agosto					
Setembro					
Outubro					
Novembro					
Dezembro					
Σ					
Média		m ³ /ano		m ³ /ano	

Para preenchimento da Tabela 15, foram seguidos os seguintes passos:

Coluna 1 – É o período de tempo (meses) que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2 - Nesta coluna é inserida a série histórica das chuvas mensais (em milímetros)

Coluna 3 - É o volume total do consumo ou demanda imposta de acordo com as necessidades.

Coluna 4 - A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno.

Coluna 5 - Nesta coluna, estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pelo pelo coeficiente de runoff (de 0,80 para telhados cerâmicos) e dividindo-se por 1000, para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Coluna 6 - Nesta coluna, estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensal. É na pratica, a coluna 3 menos a coluna 5. Quando ocorre este valor com o sinal negativo indica que há excesso de água. O sinal

positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

O volume do reservatório necessário para acumular o volume de chuva captada será o somatório dos valores negativos da coluna 6.

No método de Rippl, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo. A máxima diferença acumulada positiva é o volume do reservatório para 100% de aproveitamento (SCHILLER; LATHAN, 1982).

Para elaboração deste trabalho buscou-se proposições de um sistema sustentável para o aproveitamento da água de chuva no *Campus* Campina Grande do IFPB, tomando-se com base a definição mais notória de Sustentabilidade que é aquela sugerida em 1987 pela Comissão de Brundtland (Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento) no relatório *Nosso Futuro Comum* no que diz: "*suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas*".

3.4 Viabilidade econômica de projetos

Considerando-se que a implantação de um determinado projeto possui restrições com relação aos aspectos técnicos, ambientais e sociais, deve-se verificar sua viabilidade em termos econômicos.

A viabilidade econômica do projeto pode ser avaliada através de métodos que forneçam respostas, representadas por números, cujos valores subsidiarão a decisão de implantação ou não do projeto considerado. De acordo com Contador (2000), para se decidir sobre a viabilidade de um projeto, utiliza-se de critérios e regras para que esses sejam aceitos e ordenados por preferência.

O referido autor aponta os seguintes critérios, cujas expressões matemáticas para a sua determinação constam na Tabela 16, como sendo os mais utilizados:

- Retorno de investimentos (*payback*);
- Taxa de retorno de capital (TRC);

- Taxa interna de retorno (TIR);
- Valor presente líquido (VPL);
- Valor presente líquido unitário (VPLU); e
- Relação benefício-custo (B/C).

Tabela 16-Expressões matemáticas para determinação dos indicadores econômicos

Indicador econômico	Condição/equação
Período de recuperação do investimento (<i>payback</i> descontado)	Menor valor de n que satisfaz: $\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = I_0$
Taxa interna de retorno (TIR)	Taxa em que $VP_{Benefícios} = VP_{Custos}$
Valor presente líquido (VPL)	$VPL_j = \sum_{t=0}^n F_t (1+i)^{-t}$
Valor presente líquido unitário (VPLU)	$\frac{VPL}{Custos}$
Benefício-custo (B/C)	$VP_{Benefícios} - VP_{Custos} \geq 0$

ONDE: I_0 : Investimento inicial; B: benefícios; C: custos relevantes, excluindo os investimentos iniciais; VP: valor presente; i : taxa de juros ou taxa de desconto.

Fonte: YWASHIMA (2005)

O período de retorno de investimentos ou período de recuperação do investimento (*payback*) é o indicador mais simples e conhecido que indica o número de períodos (anos, meses ou dias) necessários para recuperar o investimento despendido na adequação de um sistema. Como vantagem apresenta a simplicidade e o cálculo imediato. 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 o projeto. É também muito utilizado porque fornece a idéia de liquidez e segurança dos projetos, nesse caso, quanto menor o *payback*, maior é a liquidez do projeto e, conseqüentemente, menor o risco envolvido (CONTADOR, 2000).

A análise do Tempo de Retorno de Capital - TRC está diretamente relacionada com a duração da vida útil do projeto. Se o tempo de retorno do capital é superior ao período de vida útil do projeto, o investimento correspondente não será atrativo (DIAS, 2007).

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que iguala a 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. O indicador é uma taxa percentual que indica 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 (YWASHIMA, 2005).

4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Coleta de dados e análise técnica

4.1.1 Dados pluviométricos do município de Campina Grande

Com base nos dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, o município de Campina Grande está localizado na mesorregião do agreste da Paraíba, zona oriental do Planalto da Borborema, na bacia do Médio Paraíba, com latitude sul de 7°13'50" e longitude oeste de 35 °52'52". Está inserida no trecho mais alto das escarpas orientais do Planalto da Borborema, com altitude variando entre 500 e 600m. Sua área corresponde a 970 km² sendo 411km² de área urbana. Está distante 120 km de João Pessoa, capital do estado da Paraíba.

Em Campina Grande, o clima predominante é equatorial semi-árido. A temperatura máxima anual é de 28,60C, a média de 22,90C e a mínima 19,50C.

A fim de permitir o conhecimento prévio da realidade local, foram verificados os índices pluviométricos da região. Para tanto, utilizou-se uma série de dados referente à pluviometria - média histórica (acima de 30 anos) em Campina Grande-PB, fornecidos pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, conforme demonstra a Tabela 17.

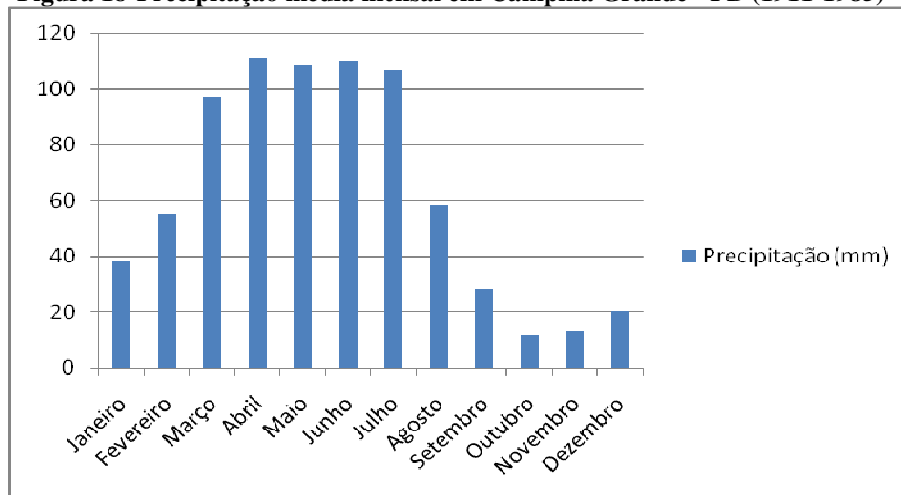
Tabela 17-Dados Pluviométricos de Campina Grande/PB – Média histórica (1911-1985)

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	38,3
Fevereiro	55,2
Março	97,0
Abril	110,9
Maio	108,7
Junho	110,2
Julho	106,7
Agosto	58,4
Setembro	28,2
Outubro	11,5
Novembro	13,4
Dezembro	20,2
TOTAL	758,7

Fonte: SUDENE

Com base nos dados fornecidos pela Tabela 17, verifica-se que período de maior precipitação ocorre nos meses de março a julho, com precipitação média anual em torno de 700 mm. A Figura 18 ilustra a precipitação média mensal em Campina Grande.

Figura 18-Precipitação média mensal em Campina Grande - PB (1911-1985)



Fonte: SUDENE

4.1.2 Levantamento do consumo de água

Por meio da análise das faturas mensais de água cobradas ao *Campus* Campina Grande - IFPB pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba - CAGEPA, verifica-se que o consumo de água apresenta variações ao longo do ano que se acentua nos meses com pouca incidência de chuvas, conforme demonstrado nas Tabelas 18, Tabela 19 e Tabela 20, temos o consumo dos anos de 2009, 2010 e 2011 respectivamente.

Tabela 18-Relatório de consumo de água comprada pelo Campus Campina Grande - IFPB (ano 2009)

Mês	Consumo (m³)	Valor (R\$)
Janeiro	429	5.297,78
Fevereiro	167	1.984,82
Março	96	1.120,04
Abril	388	4.676,60
Maio	121	1.424,54
Junho	182	2.167,52
Julho	150	1.777,76
Agosto	154	1.826,48
Setembro	245	2.934,86
Outubro	546	5.504,84
Novembro	649	7, 855,58
Dezembro	611	7.332,05
Total	3.738	36.047,29
Média	311,5	3.003,94

Tabela 19-Relatório de consumo de água comprada pelo Campus Campina Grande – IFPB (ano 2010)

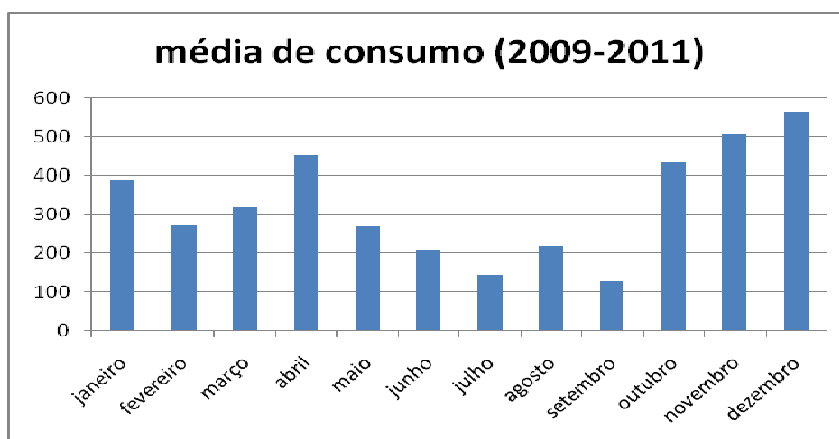
Mês	Consumo (m³)	Valor (R\$)
Janeiro	429	5.175,98
Fevereiro	248	2.971,40
Março	647	4.209,22
Abril	549	6.637,58
Maio	309	3.714,38
Junho	392	4.725,32
Julho	134	1.582,88
Agosto	379	4.566,98
Setembro	83	961,70
Outubro	444	5.358,68
Novembro	421	5.078,54
Dezembro	497	6.004,22
Total	4.532	50.986,88
Média	377,67	4.248,90

Tabela 20-Relatório de consumo de água comprada pelo Campus Campina Grande – IFPB (ano 2011)

Mês	Consumo (m³)	Valor (R\$)
Janeiro	309	3.714,38
Fevereiro	400	4.822,76
Março	220	2.630,36
Abril	419	5.054,18
Maio	377	4.542,62
Junho	52	682,92
Julho	152	2.106,92
Agosto	116	1.594,28
Setembro	60	796,84
Outubro	318	4.470,76
Novembro	452	6.378,92
Dezembro	590	8.344,04
Total	3465	45.138,98
média	288,75	3.761,58

De acordo com a Tabela 20, verificou-se que no ano de 2011 ocorreu um pequeno decréscimo do consumo em relação ao ano anterior (ano de 2010). Isso ocorreu devido a uma greve de 52 dias entre os meses de agosto a outubro, período em que a escola esteve fechada.

Considerando os dados coletados nas faturas de água cobradas pela Companhia de Abastecimento ao referido *Campus*, verificou-se uma tendência de queda no consumo de água nos meses de maior incidência de chuvas. A Figura 19 demonstra o consumo médio dos últimos três anos.

Figura 19- Consumo médio nos últimos três anos (período de 2009- 2011)

A pesquisa constatou também que na estação chuvosa a rega de jardins e lavagem de veículos é praticamente nula, na qual se percebe que esta parcela de consumo não potável, contribui para aumento da demanda e onera a conta de água. Considerando os benefícios que os gramados proporcionam ao Meio Ambiente, é possível preservá-los com o aproveitamento da água de chuva, como alternativa.

Considerando os dados das Tabelas 18, 19 e 20, dos últimos 3 anos (período de 2009 a 2011) obteve-se a média de volume de água comprada de 325,9 m³/mês representando em média um gasto financeiro anual de R\$ 44.057,72. A Tabela 21 demonstra a média de volume de água comprada pelo *Campus* Campina Grande (período de 2009 a 2011).

Tabela 21-Média de consumo de água comprada nos últimos 3 anos (2009-2011)

Ano	Consumo (m³)	Valor pago (R\$)
2009	3.738	36.047,29
2010	4.532	50.986,88
2011	3.465	45.138,98
Média anual	3.911,66	44.057,72
Média Mensal	325,9	

4.1.3 Estimativa das demandas de água não potável

Nesta pesquisa considerou-se o aproveitamento da água de chuva para uso não potável em descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagens de veículos, não sendo avaliados outros usos para o sistema na edificação. Com base na literatura estudada, o cálculo da estimativa de demanda não potável foi obtido pelo somatório dessas três demandas:

A demanda mensal de água para fins não potáveis foi calculada pela equação (11):

$$(Dm_T) = Dm_{(S)} + Dm_{(J)} + Dm_{(C)} \quad (11)$$

Sendo: Dm_T = demanda mensal total de água para fins não potáveis; $Dm_{(S)}$ = demanda para uso em vaso sanitário; $Dm_{(J)}$ = demanda para uso em jardins; e $Dm_{(V)}$ = demanda para lavagem de veículos.

a) Cálculo da Demanda mensal para uso em vasos sanitários.

Para cálculo da demanda mensal de água nos vasos sanitários, considerou-se que cada pessoa efetue 1,5 acionamentos da caixa acoplada de 6 litros. Então, para uma população de 1.400 pessoas a demanda diária é de 12.600 litros/dia de água, que totaliza uma demanda mensal de 252 m³ de água para descargas, ou seja:

$$Dm_{(S)} = 6 \text{ litros} \times 1,5 \text{ acionamentos/dia} \times 1400 \text{ pessoas} \times 20 \text{ dias de aula/mês}$$

$$Dm_{(S)} = 252.000 \text{ litros} = 252 \text{ m}^3/\text{mês}$$

b) Cálculo da Demanda Mensal de Água da Chuva para uso em jardins:

De acordo com Tomaz (2003), para cálculo da demanda mensal de água para rega de jardins, considera-se 2 litros/dia/m², com frequência de 12 vezes por mês, logo:

$$Dm_{(J)} = 728 \text{ m}^2 \times 2 \text{ litros}/(\text{dia}/\text{m}^2) \times 12 \text{ dias/mês} = 17.472 \text{ litros/mês} = 17 \text{ m}^3/\text{mês}$$

c) Cálculo da Demanda Mensal de Água da Chuva para lavagens de carros:

Segundo Tomaz (2003), para cálculo da demanda mensal de água para lavagens de carros, adota-se 150 litros/ lavagem/ carro, com frequência de 4 lavagens por mês, sendo:

$$Dm_{(V)} = 150 \text{ litros} \times 4 \text{ veículos} \times 4 \text{ vezes ao mês} = 2400 \text{ litros} = 2,4 \text{ m}^3/\text{mês}$$

a) Cálculo da Demanda Total Mensal de Água da Chuva

$$Dm_T = Dm_{(S)} + Dm_{(J)} + Dm_{(V)} = 252 \text{ m}^3/\text{mês} + 17 \text{ m}^3/\text{mês} + 2,4 \text{ m}^3/\text{mês} =$$

$$Dm_T = 271 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Portanto, a estimativa total de demanda não potável mensal no *Campus Campina Grande*, foi obtida pelo somatório das demandas dos vasos sanitários, jardins e lavagem de veículo, conforme resumido na Tabela 22.

Tabela 22-Demanda total de água não potável no Campus Campina Grande

Uso não potável	Quantidade estimada
Descarga de vasos sanitários	252 m³/mês
Rega de jardins	17 m³/mês
Lavagem de veículos	2,4 m³/mês
Total de demanda mensal não potável	271 m³/mês

Verificamos que o total de demanda não potável de 271 m³/mês representa um percentual em torno de 84% da média de volume mensal de água comprada dos últimos 3 anos (325,9 m³/mês) à Companhia de Água da Paraíba – Cagepa, percentual este, bastante próximo ao citado por Athayde Júnior *et al* (2008), em estudo realizado.

4.1.4 Dimensionamento do reservatório

Para dimensionamento do reservatório foi escolhido o método analítico de Rippl, por apresentar a vantagem de considerar as demandas de água e ser flexível com relação aos dados de entrada. Utilizando os dados obtidos da série histórica de precipitação na região, da demanda total não potável no referido *Campus* e da área de captação de cobertura foi elaborada a Tabela 23, baseado no método de Rippl.

Tabela 23-Dimensionamento do Reservatório pelo Método de Rippl

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume chuva mensal C=0,80 (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda – volume de Chuva (m ³)
Janeiro	38,3	271	5020	153,8	117,19
Fevereiro	55,2	271	5020	221,7	49,32
Março	97,0	271	5020	389,6	-118,55
Abril	110,9	271	5020	445,4	-174,37
Maior	108,7	271	5020	436,5	-165,54
Junho	110,2	271	5020	442,6	-171,56
Julho	106,7	271	5020	428,5	-157,51
Agosto	58,4	271	5020	234,5	36,47
Setembro	28,2	271	5020	113,3	157,75
Outubro	11,5	271	5020	46,2	224,82
Novembro	13,4	271	5020	53,8	217,19
Dezembro	20,2	271	5020	81,1	189,88
Σ	758,70	3252 m³/ano	-	3046,9 m³/ano	
Média mensal	63,2				

Pela Tabela 23, determinou-se que para o volume de chuva de 3046,9 m³/ano será necessário um reservatório com capacidade de 787m³, obtido pelo somatório dos valores negativos da coluna 6, ou seja, quando a demanda constante mensal (consumo) é menor que o volume de chuva, o volume excedente será acumulado.

Observando-se o total do volume anual das demandas de água (3252 m³/ano) e o total do volume de chuva acumulado (3046,9 m³/ano), verifica-se que o volume de chuva suprirá 94% da demanda de água não potável, ou 84% da atual demanda total de água no *Campus*, para o reservatório com capacidade de 787m³.

4.2 Análise econômica

4.2.1 Custos de investimento direto e de exploração

a) Reservatório inferior e superior

Para dimensionamento do reservatório, é necessário avaliar os custos de investimento e custos de exploração. Verifica-se que uma das maiores dificuldades na implantação de sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva é o investimento necessário para construção dos reservatórios inferior e superior, principalmente quando o volume demandado é grande e requer uma estrutura em concreto resistente para suportar o peso, como é o caso em estudo.

Diante da expectativa de escassez de água futura, com possibilidade de se tornar um bem de alto custo, o ideal seria aproveitar todo o potencial de água de chuva captada. Porém, considerando as possíveis dificuldades de orçamento para implantação do projeto, foram avaliados os custos de investimento em reservatórios menores para se aproveitar menores quantidades de água e se comparar com os benefícios de economia de água comprada.

Os custos dos reservatórios de acumulação (reservatório inferior e superior) em concreto foram baseados nos preços de mercado. A princípio, para o volume do reservatório inferior de 787m³, necessário para suprir 94% da demanda estudada, verificou-se um elevado custo para implantação do sistema proposto. Em seguida foi estudado o custo de reservatórios com volumes menores estimados em 394 m³, 262 m³, 197m³, 157m³ (volumes correspondes a 1/2, 1/3, 1/4, e 1/5 do valor inicial e valores de 100m³, 80m³, 60 m³, 40m³, 30 m³, 20 m³ e 10m³ respectivamente), até obter valores mais atrativos para o sistema.

A Tabela 24 apresenta a estimativa de custos para construção de estrutura de reservatório inferior em concreto, considerando o valor do metro cúbico de concreto e de escavação, em torno de R\$ 1.800,00 e R\$ 3, 50 respectivamente.

A Tabela 25 apresenta a estimativa de custo de construção de reservatório superior, para estrutura em concreto com altura manométrica de 12 metros e fundação em sapata, para diferentes volumes.

Tabela 24-Estimativa de custos do reservatório inferior em volumes variados

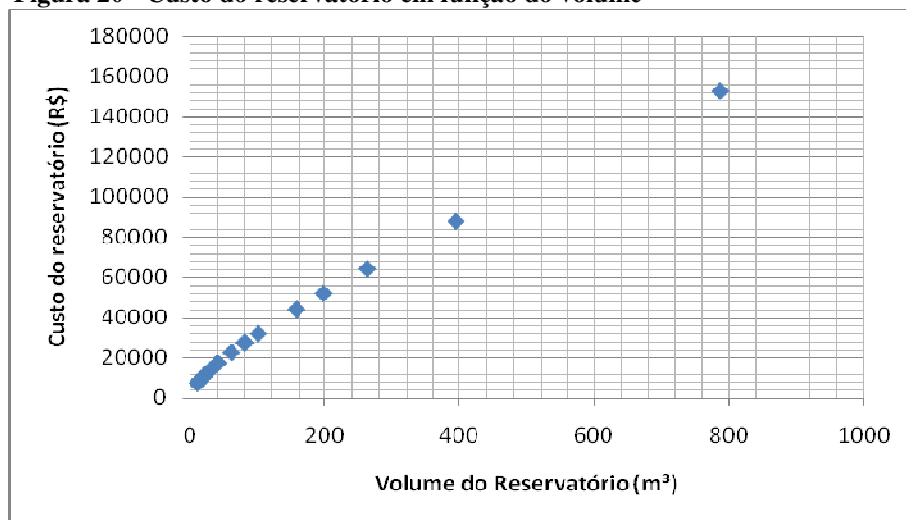
CUSTO DO RESERVATÓRIO INFERIOR						
Volume (m³)	Dimensões do reservatório			Volume de concreto (m³)	Escavação (m³)	Custo do Reservatório (R\$)
	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)			
787,00	3,00	11,45	22,91	83,39	787,00	152.855,12
394,00	3,00	8,10	16,21	48,15	394,00	88.042,00
262,00	3,00	6,61	13,22	35,31	262,00	64.472,25
197,00	3,00	5,73	11,46	28,60	197,00	52.177,48
157,00	3,00	5,12	10,23	24,28	157,00	44.250,03
100,00	3,00	4,08	8,16	17,69	100,00	32.190,87
80,00	3,00	3,65	7,30	15,19	80,00	27.626,21
60,00	3,00	3,16	6,32	12,54	60,00	22.778,67
40,00	3,00	2,58	5,16	9,64	40,00	17.488,47
30,00	3,00	2,24	4,47	8,04	30,00	14.572,29
20,00	3,00	1,83	3,65	6,26	20,00	11.343,11
15,00	3,00	1,58	3,16	5,27	15,00	9.536,83
10,00	3,00	1,29	2,58	4,15	10,00	7.509,23

Tabela 25-Estimativa de custo de construção de reservatório superior para diferentes volumes

CUSTO DO RESERVATÓRIO SUPERIOR						
Volume (m³)	Dimensões do reservatório			Volume de concreto (m³)	Escavação (m³)	Custo do Reservatório (R\$)
	Altura (m)	Largura (m)	Comprimento (m)			
27,00	3,00	3,00	3,00	14,04	9,00	25.303,50
14,00	3,00	3,00	1,56	10,71	9,00	19.303,50
11,00	3,00	3,00	1,22	10,31	9,00	18.583,50
6,00	3,00	3,00	0,67	9,64	9,00	17.383,50
2,00	1,50	1,50	0,89	8,02	9,00	14.473,50

Para o reservatório superior, foram calculados custos de reservatórios com capacidade de 27 m³ , 14 m³, 11 m³, 6 m³ e 2 m³, de acordo com o seu volume ou capacidade de armazenamento. A Figura 20 fornece a expressão que relaciona o custo do reservatório inferior e o volume requerido.

Figura 20 - Custo do reservatório em função do volume



b) Tubulação e conjunto motor-bomba

Para os gastos com tubulações, conexões e calhas estimou-se o valor de R\$ 200,00 (duzentos reais).

Para recalcar água do reservatório inferior ao reservatório superior foi orçado um investimento em torno de R\$ 1.000,00 (hum mil reais) necessário para compra de um conjunto motor-bomba de $\frac{1}{4}$ CV, para altura manométrica de 12 m.c.a e vazão de 1,5 m³/h, incluindo mão-de-obra e conexões.

c) Filtro de areia

O custo de investimento para construção de um filtro de areia varia de acordo com a vazão de projeto. Este valor foi calculado após ser estabelecido o tipo de filtração (rápida), taxa de filtração (igual a 180 m³/m².dia para filtros de camadas simples), a espessura da camada filtrante (0,7m) e área do leito filtrante dado pela Equação (12):

$$Q = 0,024 \cdot I \cdot A \quad (12)$$

onde: Q é a vazão de projeto em m³/dia;

I é a intensidade de precipitação, igual a 140 mm/h, para chuva de duração de 5 min e período de recorrência de 5 anos, para a cidade de João Pessoa (ABNT,1989)

$$A = \text{Área de captação} = 5020 \text{ m}^2$$

A área do leito filtrante é dada pela equação (13)

$$A_{LF} = \frac{Q}{T_x} \quad (13)$$

Onde: A_{LF} é a área do leito filtrante em m^2 ;

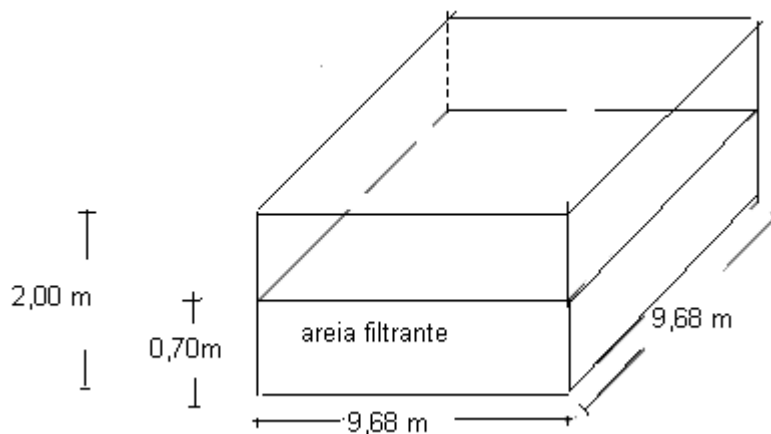
T_x é a Taxa de filtração.

Portanto:

$$A_{LF} = \frac{0,024 \times 140 \times 5020}{180} = 95,7 \text{ m}^2 = 9,68 \text{ m} \times 9,68 \text{ m}$$

Considerando o filtro de areia de seção quadrática, com as dimensões representadas na Figura 21, o custo de construção em alvenaria foi calculado em torno de R\$ 25,00 o metro quadrado. Logo, temos o custo de investimento do filtro de areia estimado em torno de R\$ 1.936,00 (hum mil, novecentos e trinta e seis reais).

Figura 21 - Filtro de areia



d) Custo da areia para o filtro

O custo da areia necessária para o filtro é obtido pelo volume de areia ($9,68 \times 9,68 \times 0,70$) multiplicado pelo preço do metro cúbico de areia filtrante no mercado, sendo orçado em torno de R\$ 25,00/ m^3 (vinte e cinco reais por metro cúbico) obtem-se o custo de R\$ 1.639,75.

4.2.2 Custo de investimento indireto

A análise econômica da taxa de juros utilizada foi calculada pela média da variação da taxa de juros de longo prazo entre os anos 2010 a 2012, definida pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para financiamento de projetos de saneamento ambiental e recursos hídricos através da expressão:

$$TJ = \text{Custo Financeiro} + \text{Remuneração do BNDES} + \text{Taxa de risco de crédito}$$

Onde:

O custo financeiro é dado pela Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e tem período de vigência de um trimestre. Para os anos de 2010 a 2012, a TJLP se manteve constante em 6% ao ano; a remuneração do BNDES é igual a 1,5 % ao ano; e a taxa de risco de crédito igual a 1,0 % ao ano.

Portanto a taxa de juros para o financiamento considerado foi igual a 8,5 % ao ano.

4.2.3 Custo de exploração

Como custos de exploração foram considerados no projeto, os gastos com manutenção do sistema, com compra de água quando o sistema não for suficiente para atender a demanda, bem como os custos com energia elétrica para o bombeamento das águas pluviais do reservatório inferior para o reservatório superior.

a) Custo para manutenção do sistema

Para manutenção, conservação e conserto de pequenas avarias do sistema com reposição de peças, incluindo mão-de-obra foi estimado um gasto de R\$ 500,00 (quinhentos reais) por ano.

b) Custo de energia de bombeamento

Neste caso, com base nas faturas de energia pagas à Energisa, verificou-se que o custo do kilowatt/hora cobrado para a demanda institucional utilizada atualmente, está em torno de R\$ 0,38/KWh, incluído os impostos.

c) Custo do metro cúbico de água comprada

Para o cálculo do custo do metro cúbico de água comprada, quando necessário suprir a demanda de água, verificou-se com base no faturamento no ano de 2011 cobrado pela Companhia de Água da Paraíba - Cagepa, o volume de água comprada pelo *Campus* Campina Grande –IFPB foi de 3465 m³/anual, com um custo total de R\$ 45.138,00 (quarenta e cinco mil, cento e trinta e oito reais), representando uma média de R\$ 13,00/m³ de água comprada.

4.2.4 Indicadores econômicos

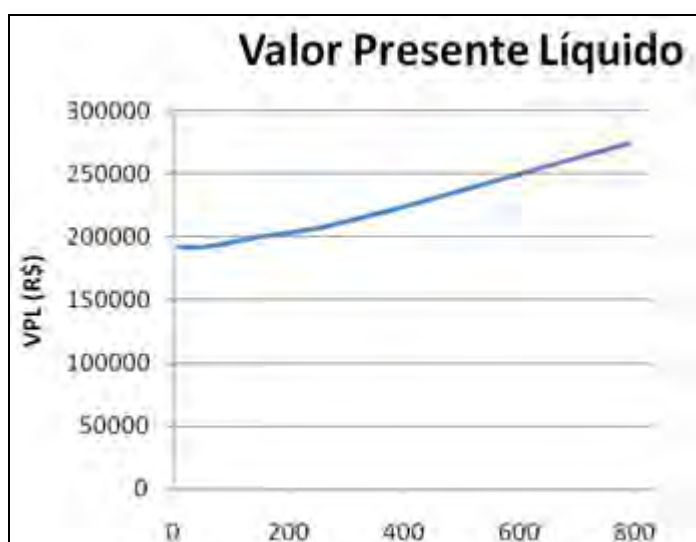
O sistema proposto foi dimensionado para uma área de captação (coberta) de 5020 m², numa região cuja precipitação média anual é em torno de 700 mm. Para atender totalmente a demanda de água não potável estimada em 271 m³/mês, foi dimensionado um reservatório com capacidade de 787 m³, com custo de implantação de R\$ 180.447,44 incluídos custos diretos e indiretos, levantados com base nos preços de mercado praticados em Campina Grande. Como alternativa para o investimento, também foram avaliados os custos e benefícios com indicadores econômicos para reservatórios menores.

Para os volumes de reservatório propostos, foram calculados os indicadores econômicos de Valor Presente Líquido (VPL), razão Benefício/ Custo para uma vida útil de do sistema de 30 anos e o período de retorno do investimento. A análise econômica para cada um dos reservatórios está demonstrada nos anexos. Observa-se na Tabela 26 e Figura 22, que o VPL, sofre variações em função do volume do reservatório.

Tabela 26-Valor Presente líquido em função do volume do reservatório

Volume do reservatório (m³)	Valor Presente Líquido - VPL (R\$)
787	274.701,45
394	223.821,64
262	208.333,60
197	202.676,72
157	200.652,66
100	195.441,99
80	193.949,07
60	192.739,04
40	191.971,67
30	191.859,06
20	192.059,45
15	192.351,33
10	192.864,54

Figura 22 -VPL em função do volume do reservatório



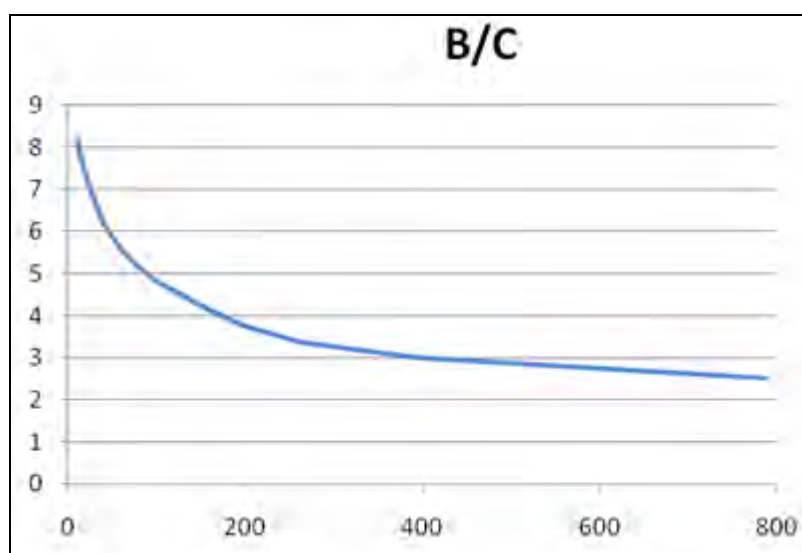
O projeto pode ser considerado viável quando o $VPL > 0$.

Na Tabela 27 e Figura 23 são apresentados os resultados para o segundo indicador econômico, a relação benefício/custo (B/C).

Tabela 27-Relação Benefício/Custo em função do volume do reservatório

Volume do reservatório (m³)	Relação Benefício/custo (B/C)
787	2,52
394	2,99
262	3,37
197	3,75
157	4,16
100	4,79
80	5,13
60	5,58
40	6,22
30	6,66
20	7,27
15	7,67
10	8,19

Figura 23 - Relação Benefício/Custo, em função do volume do reservatório (m³)



A acumulação em reservatórios com capacidade reduzida resulta em maiores razões benefício/custo e menores períodos de retorno. Já o VPL tende a aumentar à

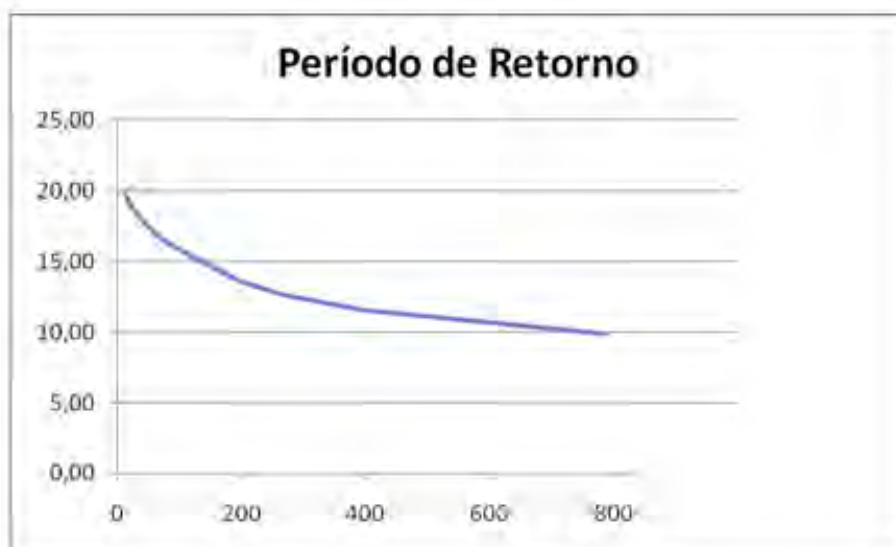
medida que volumes maiores de água pluvial sejam utilizados. Considerando os prováveis aumentos que a água sofrerá nos próximos anos, caso se queira recuperar o capital investido no sistema em menor tempo, a melhor opção é construir reservatórios com capacidade reduzida, porém, para longo prazo, reservatórios com maiores capacidades de armazenamento resultarão num maior retorno do investimento financeiro.

Na Tabela 28 e Figura 24 são apresentados os resultados para o período de retorno do investimento.

Tabela 28-Relação período de retorno do investimento em função do volume do reservatório

Volume do reservatório (m³)	Período de retorno (anos)
787	9,83
394	11,51
262	12,63
197	13,60
157	14,52
100	15,75
80	16,31
60	16,99
40	17,84
30	18,37
20	19,01
15	19,40
10	19,86

Figura 24 - Período de Retorno, em função do volume do reservatório



4.2.5 Considerações Finais

Sob a ótica da sustentabilidade, o sistema proposto é uma alternativa coerente e ecologicamente correta para a racionalização da água potável e preservação dos recursos hídricos. O presente trabalho não esgota as opções para a solução do uso racional da água, mas é o primeiro passo para reduzir o desperdício de água, quando utilizada em fins não potáveis, contribuindo assim, com o desenvolvimento sustentável.

Embora o montante do investimento no reservatório de 787 m³ pareça alto, em comparação ao preço da água comprada no momento atual, os indicadores econômicos demonstram ser atrativos para um cenário futuro de cobrança de tarifas. Considerando o crescimento da demanda de água não potável nesta fase de expansão do *Campus* Campina Grande do IFPB, 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.

Finalmente, recomenda-se um maior incentivo por parte do poder público para a utilização de água de chuva para fins menos nobres, contribuindo desta maneira para a preservação dos recursos hídricos e minimização do problema de escassez

que afeta boa parte do nordeste do Brasil. Promover uma política de conscientização e valorização do Meio Ambiente na gestão pública, por meio de campanhas educativas de preservação da água e combate ao desperdício de água tratada, não deve ser apenas para cumprir as determinações da Instrução Normativa nº 01/2010 - MPOG, mas também para internalizar questões sócio-ambientais e promover a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável nas ações administrativas e na comunidade acadêmica a fim de despertar o senso crítico da população em relação à preservação da água.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este trabalho propôs avaliar a viabilidade econômica de um sistema de captação de águas de chuva no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, no *Campus* Campina Grande, para uso em fins menos nobres (descargas de vaso sanitário, rega de jardins e lavagem de veículos), cujo consumo mensal de água não potável foi estimado em 271 m o que representa aproximadamente um percentual de 84% da média de consumo de água comprada mensalmente à Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – Cagepa: de 325m³/mês.

O presente estudo mostrou que é viável a coleta e armazenamento de água de chuva, principalmente quando se requer grandes demandas de água em fins menos nobres, como é o caso em estudo. O sistema proposto para o reservatório de capacidade de 787 m³ permite obter um volume de água armazenada em reservatório proveniente das chuvas da região, que atende a uma demanda de 94 % do consumo não potável do referido *Campus*, o que proporcionará uma economia significativa de água.

O estudo demonstrou que aproveitamento de águas pluviais para o *Campus* Campina Grande do IFPB é economicamente viável comparando-se os custos referentes à implantação e manutenção do sistema com a economia de água comprada. A análise econômica do investimento para um reservatório de 787 m³ num período de 30 anos de vida útil do sistema, com taxa de juros compostos de 8,5% ao ano, demonstrou um benefício econômico anual em torno de R\$ 39.609,70 comparado ao volume de água que deixaria de ser comprada, resultando numa economia de R\$ 455.148,90 durante o período de vida útil do sistema e obtendo-se a relação benefício/custo = 2,52, com VPL= R\$ 274.701,45 e período de retorno de cerca de 9 anos e 10 meses.

Com relação à análise de economia de água comprada, para as alternativas de reservatórios menores sugeridos, a pesquisa mostrou ser viável o aproveitamento de água de chuva em todos os cenários propostos, para atender parcialmente ou em

sua totalidade a demanda de água não potável. O que determinará o volume do reservatório a ser construído é a disponibilidade de recursos orçamentários e a vontade dos gestores, dentro da autonomia administrativa que a lei lhes faculta, na tomada de decisões para a implantação do sistema proposto.

Conclui-se ainda, que apesar do retorno do investimento de um sistema de aproveitamento de água de chuva ocorrer de forma lenta, principalmente em situações que requerem grandes reservatórios, a decisão de se construir um sistema de aproveitamento de água de chuva em edificações, não deve ser tomada unicamente em função da economia e sim, com o objetivo de garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo o uso racional e conservação da água e auxiliando no controle de enchentes.

Neste cenário, em se tratando de instituição pública de ensino, pesquisa e extensão, é importante internalizar nas ações administrativas, questões sócio-ambientais que promovam o conceito de desenvolvimento sustentável à comunidade acadêmica e introduzam tecnologias sustentáveis de racionalização de água tratada, visando melhoria de qualidade de vida e preservação do Meio Ambiente.

Diante da situação de escassez de água de boa qualidade na qual o planeta está sofrendo, novas formas de captar, armazenar e aproveitar a água são necessárias, e, entre tantas, o sistema de aproveitamento de água de chuva em reservatórios mostra-se como uma opção atraente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10.844 **Instalações Prediais de Água Pluvial**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. NBR 15.527. **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

AGENDA 21. **Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e social. Disponível em <<http://www.ecolnews.com.br/agenda21/>>. Acesso em 10 ago. 2011.

AMORIM, S. V. de. PEREIRA, D. J. de A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído. V. 8, n. 2. Porto Alegre, 2008.

ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em 22 abr. 2011.

ANDRADE, A. P. F. **Captação de água de chuva em escola pública em João Pessoa – PB**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. João Pessoa, 2011.

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

ARIYANANDA, T. **Comparative Review of Drinking Water Quality from different Rainwater Harvesting Systems in Sri Lanka**. In: International Rainwater Catchment Systems Conference, 9, 1999, Petrolina, Brazil. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.abcmac.com.br>. Acesso em 12 set. 2011.

ATHAYDE JUNIOR, G. B; FAGUNDES, G. S.; GOMES, T. A.; BORBA JUNIOR, J. C. **Viabilidade econômica do aproveitamento de águas pluviais em edifícios residenciais de João Pessoa**. In: SIMPÓSIO ITALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8, set. 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza, 2006. 8p. CD-ROM.

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

BARROSO, L. B; DE ARAÚJO, R.K; DE GODOY, J; FENSTERSEIFER, C.A.J; LOPES, M.I.P . **Dimensionamento de reservatório de água de chuva em escola municipal para fins não-potáveis**, V-111. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009, Recife – PE.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. **Controle Ambiental da Água**. In: PHILIPPI JR., Arlindo; ROMERO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de Gestão Ambiental**: Barueri. SP: Manole, 2004. Cap.3, p.53-99.

BRAGA, I.Y.L.G. **Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2008.

_____. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão – SLTI/MPOG. **Instrução Normativa Nº 01, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Disponível em: <http://www.comprasnet.gov.br/>. Acesso em 30 mai 2011.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011** - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Planalto. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em 23 dez. 2009.

_____. Planalto. **Decreto Nº 24.643, de 10 DE Julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm. Acesso em 20 ago 2011.

_____, Planalto. **Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.htm> > acesso em: 29 mar. 2010.

_____, Planalto. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/Lei9433.htm> Acesso em: 04/10/2011.

CAGEPA. Companhia de água e Esgotos da Paraíba. **Conta de consumo de água /esgotos e serviços**.

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**. Petrolina: 4º Simpósio Brasileiro de Manejo e Captação de água de Chuva. 2003. Disponível em CD-Rom.

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

CURITIBA - PR. Câmara Municipal. **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. Disponível em <http://www.recicloteca.org.br/Default.asp?ID=107&Editoria=9&SubEditoria=46&Ver=1>. Acesso em: 20 ago. 2011.

DAS, S.; MAJUMDER, M.; ROY, D.; MAZUNDAR, A. Determination of urbanization impact on rain water quality with the help of water quality index and urbanization index. In: JANA, B.K; MAJUMDER, M. **Impact of climate change on natural resource management.** New York: Springer, 2010. p.131 – 142. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=5C_EupMsPMC&printsec=frontcover&hl=ptBR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 08 mar.2012.

DIAS, I. C. S. **Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2007.

FENDRINCH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana.** Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FENDRICH, R. & OLIYNIK, R.. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas.** Curitiba, PR : Chain , 2002.

FERNANDES, D.R.M; MEDEIROS NETO, V.B; MATOS, K.M. C. **Viabilidade econômica do uso da água da chuva: Um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN.** In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade. Foz do Iguaçu-PR, 2007.

FEWKES, A. **The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system.** Building and environment, v.34, n. 6, p. 765-772, Nov. 1999.

FOZ DO IGUAÇÚ - PR. **Lei Municipal nº 2.896, de 29 de março de 2004.** Cria no Município de Foz do Iguaçu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/anotada/8083133/lei-2896-04-foz-do-iguacu>>. Acesso em: 20 ago 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 22 abr.2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Disponível em www.inmet.gov.br/ . Acesso em: 20 set.2011

GARRIDO, Milena Silva; FERREIRA, Maria Valéria Gaspar de Queiroz. **Legislação para Aproveitamento das Águas Pluviais no Brasil.** Disponível em: <http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0039.pdf> .Acesso: 08 set. 2011.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Departamento de Hidráulica e Saneamento. Curitiba, 2010.

GOULD, J. **Is Rainwater Safe to Drink? A Review of Recent Findings**. In: International Rainwater Catchment Systems Conference, 9, 1999, Petrolina, Brazil. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.abcmac.com.br>. Acesso em 12 set. 2011.

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.

JACKSON, R. B.; CARPENTER, S.R.; DAHM, C. N.; MCKNIGHT, D.M.; NAIMAN, R.J.; POSTEL, S.L.; RUNNING, S.W. **Water in a changing world**. Ecological Applications, v.11, n.4, p.1027-1045, ago.2001. Disponível em : <http://www.cob.sjsu.edu/osland_a/Substantiability%20Articles/waterinachangingworld.pdf>. Acesso em: 15 abr.2012.

JAKUES, R.C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2005.

JAKUES, R.C.; RIBEIRO, L.F.; LAPOLLI, F.R. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**, I-037. In: VII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, Fortaleza- CE.

LI, X.; WANG, L.; ZHOU, X.; DENG, T.; **Study on rainwater utilization of building district in water shortage city of northern China**. 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. Chengdu, China. p 1-4.2010

MAIA NETO, R. F. **Água para o desenvolvimento sustentável**. A água em revista. Revista Técnica informativa da CPRM. Ano V, n9. Novembro, 1997.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino**: Estudo de caso em Florianópolis-SC. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2007.

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

MOREIRA, R. de M. **Alocação de recursos hídricos em regiões semi-áridas**. Dissertação de Mestrado. Universidade federal do Rio de Janeiro-UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

OLIVEIRA, L.H.; ILHA M. S. de O.; GONÇALVES.O.M.; YWASHIMA.I.; Reis. R. P. A.. **Levantamento do estado da arte: Água. Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04. Habitação mais Sustentável.** São Paulo, 2007. Disponível em: < www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-1_agua.pdf >. Acesso em : 20 ago. 2011.

OURIQUES, R. Z. ; SCHNEIDER, A. ; LOPES, M. I. P. ; BARROSO, L. B. . **Aproveitamento da água de chuva em escola para fins não-potáveis**, Santa Maria-RS. In: VI Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2008, Porto Alegre-RS. VI Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2008.

PATO BRANCO - PR. **Lei Municipal nº 2.349 de 18 de junho de 2004.** Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Disponível em: < <http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/showinglaw.pl> >. Acesso em 20 ago 2011.

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

PORTO ALEGRE- RS. **Decreto Municipal Nº 16.305, de 26 de maio de 2009.** Regulamenta a Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nphbrs?s1=000030452.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em 09 set .2011.

_____. **Lei Municipal nº 10.506, de 5 de agosto de 2008.** *Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.* Disponível em: < <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nphbrs?s1=000029949.DOCN.&l=20&u=/netahtml/sirel/simples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=T> > Acesso em : 20 ago 2011.

RAINWATER TECHNOLOGY. **Rainwater harvesting for domestic use.** Disponível em <<http://www.rainwatertechnology.org/rwh/>. >Acesso em 21 jul de 2011.

REBELLO, G. A. O.; ZANELLA, L.; ALVES, W. C. **Proposta de parâmetros indicadores da qualidade de águas pluviais no meio urbano de acordo com os usos pretendidos.** In: SIMPÓSIO ITALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8, set. 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2006. 9p. CD-ROM.

RIBEIRÃO PRETO - SP. **Lei Municipal nº 9.520 de 18 de abril de 2002.** Torna obrigatória, a construção de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificadas ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Disponível em :< <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/dom/200205/020507/i73executivo.htm> >. Acesso em 20 ago 2011.

RIO DE JANEIRO. **Lei Estadual Nº 4.393, DE 16 de Setembro de 2004**, dispôs sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/019d11e38526336083256f120063f8af?OpenDocument> Acesso em 10 set 2011.

_____. **Decreto Municipal 23.940 de 30 de Janeiro de 2004**. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para rede de drenagem. Disponível em < http://www0.rio.rj.gov.br/smac/up_arq/DEC-23940-04-aguaspluv.pdf>. Acesso em 10 set 2011.

SABESP. **Sustentabilidade - Programa de Uso Racional da Água – PURA – SABESP Soluções Ambientais**. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/Seminario_CPS/jose_mauricio_maia.pdf. >. Acesso em 18 jul .2011.

SÃO PAULO. **LEI n. 13.276 de junho de 2002** – “Torna Obrigatória à execução de reservatórios de águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m2.”

_____. Assembléia Legislativa. **Decreto Nº. 12.342 de 27 de Setembro de 1978**. Aprova o Regulamento a que se refere o artigo 22 do Decreto-Lei nº.211, de 30 de março de 1970, que dispõe sobre normas de promoção, preservação de março de 1970, que dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde. Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/legislacao/norma.do?id=154684>. Acesso em: 20 ago.2011.

SETTI, A. A. ; LIMA, J.E.F.W,; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao Gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª edição. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001.

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.

SCHILLER E.; LATHAM, B. **Computerized methods in optimizing rainwater catchment systems**. In: **INTERNATIONAL INTERNATIONALA Honolulu, States. L CONFERENCE ON RAINWATER CISTERN SYSTEMS**, 1st, 1982, Honolulu United States Proceedings... Honolulu: IRCSA, 1982.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE. Disponível em www.sudene.gov.br/. Acesso em 20 set 2011.

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

_____. **Previsão de consumo de água em gramados.** Disponível em: www.infinitygs.com.br/livros/livro6_previsao_consumo.pdf. 2007. Acesso em 20/12/2011.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água** / Milton Tomoyuki Tsutiya – 3ª edição – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. XIII – 643 p.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 943 p.

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.

APÊNDICE

PLANILHAS DE ANÁLISE ECONÔMICA

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA KWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros (%)	8,50	2012		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00	2013	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	1	39.033,98	39.033,98	
Volume do Reservatório (m³)	787,00	2014	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	2	35.978,02	75.010,00	
Volume aproveitado (m³/ano)	3048,90	2015	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	3	33.157,62	108.167,61	
Energia (R\$/kWh)	0,38	2016	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	4	30.580,02	138.727,63	
Energia bomba	199,287	2017	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	5	28.165,92	166.893,55	
Volume comprado	0,00	2018	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	6	25.959,37	192.852,92	
CUSTOS INICIAIS		2019	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	7	23.925,69	216.778,60	
Reservatório inferior	152.855,12	2020	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	8	22.051,32	238.829,92	
Reservatório superior	22.816,58	2021	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	9	20.323,80	259.153,72	
Motor Bomba (1/4CV)	1.000,00	2022	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	10	18.731,81	277.885,54	9,830028059
Filtro de areia	1.936,00	2023	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	11	17.264,16	295.149,50	
Areia do filtro	1.639,75	2024	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	12	15.911,67	311.061,16	
Tubulação	200,00	2025	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	13	14.665,13	325.726,30	
Total	180.447,44	2026	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	14	13.516,25	339.242,55	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	15	12.457,37	351.699,92	
	274.701,45	2028	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	16	11.481,45	363.181,37	
	274.701,45	2029	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	17	10.581,98	373.763,35	
PERÍODO DE RETORNO		2030	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	18	9.752,98	383.516,33	
	9,83	2031	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	19	8.988,92	392.505,25	
	9,83	2032	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	20	8.284,72	400.789,97	
BENEFÍCIO/CUSTO		2033	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	21	7.635,69	408.425,66	
	2,522	2034	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	22	7.037,50	415.463,15	
	2,522	2035	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	23	6.486,17	421.949,33	
		2036	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	24	5.978,04	427.927,37	
		2037	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	25	5.509,71	433.437,08	
		2038	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	26	5.078,08	438.515,16	
		2039	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	27	4.680,26	443.195,42	
		2040	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	28	4.313,60	447.509,02	
		2041	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	29	3.975,67	451.484,69	
		2042	39.809,70	75,72	500,00	-	39.033,98	30	3.664,21	455.148,90	

custo do filtro de areia	1.936,00
custo de areia	1.639,75
= volume x valor (R\$/m³)	

455.148,90

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTO S			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros (%)	8,50	2012		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00	2013	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	1	28.813,27	28.813,27	
Volume do Reservatório (m³)	394,00	2014	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	2	28.568,01	55.389,27	
Volume aproveitado (m³/ano)	2853,44	2015	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	3	24.475,58	79.844,85	
Energia (R\$/kWh)	0,38	2016	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	4	22.568,14	102.402,99	
Energia bomba	173,535	2017	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	5	20.790,91	123.193,91	
Volume comprado	393,50	2018	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	6	19.182,13	142.358,04	
CUSTOS INICIAIS		2019	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	7	17.860,95	160.018,99	
Reservatório inferior	88.042,00	2020	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	8	16.277,37	176.294,36	
Reservatório superior 14m³	19.332,88	2021	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	9	15.002,19	191.296,55	
Motor Bomba (1/4CV)	1.000,00	2022	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	10	13.826,90	205.123,45	
Filtro de areia	1.938,00	2023	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	11	12.743,69	217.867,14	
Areia do filtro	1.839,75	2024	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	12	11.745,33	229.612,47	11,50897
Tubulação	200,00	2025	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	13	10.825,19	240.437,66	
Total	112.160,43	2026	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	14	9.977,14	250.414,80	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	15	9.195,52	259.610,32	
223.821,64		2028	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	16	8.475,13	268.085,45	
223.821,64		2029	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	17	7.811,18	275.896,63	
PERÍODO DE RETORNO		2030	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	18	7.199,24	283.095,87	
11,51		2031	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	19	6.635,25	289.731,12	
11,51		2032	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	20	6.115,44	295.846,56	
BENEFÍCIO/CUSTO		2033	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	21	5.636,35	301.482,90	
2,996		2034	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	22	5.194,79	306.677,69	
		2035	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	23	4.787,82	311.465,52	
		2036	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	24	4.412,74	315.878,26	
		2037	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	25	4.067,04	319.945,30	
		2038	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	26	3.748,43	323.693,73	
		2039	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	27	3.454,77	327.148,50	
		2040	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	28	3.184,12	330.332,62	
		2041	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	29	2.934,67	333.267,30	
		2042	34.494,71	85,94	500,00	5.115,50	28.813,27	30	2.704,77	335.972,07	

335.972,07

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros (%)	8,50	2012	-	-	-	-	-	0	-	-	-
Água (R\$/m³)	13,00	2013	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	1	25.384,55	25.384,55	-
Volume do Reservatório (m³)	282,00	2014	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	2	23.395,90	48.780,44	-
Volume aproveitado (m³/ano)	2521,44	2015	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	3	21.583,04	70.343,48	-
Energia (R\$/kWh)	0,38	2016	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	4	19.873,77	90.217,25	-
Energia bomba	184,902	2017	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	5	18.316,84	108.534,08	-
Volume comprado	525,50	2018	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	6	16.881,88	125.415,96	-
CUSTOS INICIAIS		2019	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	7	15.559,33	140.975,29	-
Reservatório inferior	64.472,25	2020	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	8	14.340,40	155.315,69	-
Reservatório superior	18.410,48	2021	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	9	13.216,98	168.532,65	-
Motor Bomba (1/4CV)	1.000,00	2022	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	10	12.181,53	180.714,18	-
Filtro de areia	1.938,00	2023	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	11	11.227,21	191.941,39	-
Areia do filtro	1.639,75	2024	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	12	10.347,66	202.289,06	-
Tubulação	200,00	2025	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	13	9.537,02	211.826,07	12,6338
Total	87.658,48	2026	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	14	8.789,88	220.615,95	-
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	15	8.101,27	228.717,22	-
208.333,60		2028	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	16	7.466,61	236.183,83	-
208.333,60		2029	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	17	6.881,87	243.065,49	-
PERÍODO DE RETORNO		2030	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	18	6.342,55	249.408,04	-
12,63		2031	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	19	5.845,67	255.253,71	-
BENEFÍCIO/CUSTO		2032	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	20	5.387,71	260.641,42	-
3,377		2033	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	21	4.965,63	265.607,06	-
		2034	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	22	4.576,62	270.183,68	-
		2035	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	23	4.218,08	274.401,76	-
		2036	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	24	3.887,63	278.289,40	-
		2037	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	25	3.583,07	281.872,47	-
		2038	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	26	3.302,37	285.174,84	-
		2039	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	27	3.043,66	288.218,50	-
		2040	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	28	2.805,22	291.023,72	-
		2041	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	29	2.585,45	293.609,17	-
		2042	32.778,71	82,88	500,00	6.831,50	25.384,55	30	2.382,91	295.992,08	-

295.992,08

Verificação do Período de Retorno

DADOS		CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
		ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros (%)	8,50	-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	1	23.695,18	23.695,18	
Volume do Reservatório (m³)	197,00	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	2	21.838,87	45.534,05	
Volume aproveitado	2.456,40	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	3	20.127,99	65.662,04	
Energia (R\$/kWh)	0,38	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	4	18.551,14	84.213,18	
Energia bomba	180,849	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	5	17.097,83	101.311,01	
Volume	590,54	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	6	15.758,37	117.069,38	
CUSTOS INICIAIS		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	7	14.523,84	131.593,22	
Reser. vatório	52177,4838	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	8	13.388,03	144.979,25	
Reser. vatório	16.683,50	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	9	12.337,35	157.316,60	
Motor Bomba	1.000,00	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	10	11.370,83	168.687,44	
Filtro de areia	1.936,00	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	11	10.480,03	179.167,47	
Areia do filtro	1.639,75	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	12	9.659,01	188.826,48	
Tubulação	200,00	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	13	8.902,32	197.728,80	
Total	73.616,73	61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	14	8.204,90	205.933,70	13,60304
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	15	7.562,12	213.495,82	
202.676,72		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	16	6.969,70	220.465,51	
202.676,72		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	17	6.423,68	226.889,20	
PERÍODO DE RETORNO		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	18	5.920,45	232.809,64	
13,60		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	19	5.456,63	238.266,27	
BENEFÍCIO/CUSTO		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	20	5.029,15	243.295,43	
3,753		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	21	4.635,16	247.930,59	
3,753		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	22	4.272,04	252.202,63	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	23	3.937,37	256.140,00	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	24	3.628,91	259.768,91	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	25	3.344,62	263.113,52	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	26	3.082,59	266.196,12	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	27	2.841,10	269.037,22	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	28	2.618,53	271.655,75	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	29	2.413,39	274.069,13	
		61,05	500,00	7.677,02	23.695,18	30	2.224,32	276.293,46	

276.293,46

Verificação do Período de Retorno

DADOS	
Taxa de Juros (%)	8,50
Água (R\$/m³)	13,00
Volume do Reservatório (m³)	157,00
Volume aproveitado (m³/ano)	2.416,41
Energia (R\$/kWh)	0,38
Energia bomba	158,033
Volume comprado	630,50
CUSTOS INICIAIS	
Reservatório inferior	44.250,03
Reservatório superior	14.508,22
Motor Bomba	1.000,00
Filtro de areia	1.938,00
Areia do filtro	1.839,75
Tubulação	200,00
Total	63.532,01

BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)	
200.652,66	
200.652,66	
PERÍODO DE RETORNO	
14,52	
14,52	
BENEFÍCIO/CUSTO	
4,158	
4,158	

ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
		ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
2012		-	-	-	-	0	-		
2013	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	1	22.656,72	22.656,72	
2014	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	2	20.881,77	43.538,48	
2015	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	3	19.245,87	62.784,35	
2016	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	4	17.738,13	80.522,47	
2017	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	5	16.348,50	96.870,98	
2018	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	6	15.067,74	111.938,72	
2019	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	7	13.887,32	125.826,04	
2020	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	8	12.799,38	138.625,42	
2021	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	9	11.796,88	150.422,08	
2022	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	10	10.872,50	161.294,57	
2023	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	11	10.020,73	171.315,31	
2024	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	12	9.235,70	180.551,01	
2025	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	13	8.512,17	189.063,17	
2026	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	14	7.845,31	196.908,49	
2027	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	15	7.230,70	204.139,19	14,51782
2028	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	16	6.664,24	210.803,44	
2029	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	17	6.142,16	216.945,60	
2030	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	18	5.660,98	222.606,57	
2031	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	19	5.217,49	227.824,06	
2032	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	20	4.808,75	232.632,81	
2033	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	21	4.432,02	237.064,84	
2034	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	22	4.084,82	241.149,65	
2035	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	23	3.764,81	244.914,46	
2036	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	24	3.469,87	248.384,33	
2037	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	25	3.198,04	251.582,38	
2038	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	26	2.947,50	254.529,88	
2039	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	27	2.716,59	257.246,45	
2040	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	28	2.503,77	259.750,22	
2041	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	29	2.307,62	262.057,84	
2042	31.413,27	60,05	500,00	8.198,50	22.656,72	30	2.126,84	264.184,67	

264.184,67

Verificação do Período de Retorno

DADOS	ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
			ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros	8,50		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00									
Volume do Reservatório	100,00									
Volume aproveitado	2359,40									
Energia (R\$/kWh)	0,38									
Energia	154,305									
Volume	687,54									
CUSTOS INICIAIS										
Reservatório	32190,87									
Reservatório	14.506,22									
Motor Bomba	1.000,00									
Filtro de areia	1.936,00									
Areia do filtro	1.639,75									
Tubulação	200,00									
Total	51.472,84									
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)										
	195.441,99									
	195.441,99									
PERÍODO DE RETORNO										
	15,75									
BENEFÍCIO/CUSTO										
	4,797									
	4,797									
2012			-	-	-	-	0	-		
2013	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	1	21.175,64	21.175,64		
2014	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	2	19.516,72	40.692,35		
2015	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	3	17.987,76	58.680,11		
2016	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	4	16.578,58	75.258,69		
2017	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	5	15.279,80	90.538,49		
2018	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	6	14.082,76	104.621,25		
2019	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	7	12.979,50	117.600,75		
2020	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	8	11.982,88	129.583,43		
2021	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	9	11.025,51	140.588,93		
2022	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	10	10.161,76	150.750,69		
2023	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	11	9.365,88	160.116,37		
2024	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	12	8.631,96	168.748,33		
2025	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	13	7.955,72	176.704,05		
2026	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	14	7.332,46	184.036,51		
2027	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	15	6.758,03	190.794,54		
2028	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	16	6.228,80	197.023,14	15,74615	
2029	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	17	5.740,64	202.763,79		
2030	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	18	5.290,92	208.054,70		
2031	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	19	4.876,42	212.931,13		
2032	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	20	4.494,40	217.425,52		
2033	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	21	4.142,30	221.567,83		
2034	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	22	3.817,79	225.385,61		
2035	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	23	3.518,70	228.904,32		
2036	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	24	3.243,04	232.147,36		
2037	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	25	2.988,98	235.136,34		
2038	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	26	2.754,82	237.891,15		
2039	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	27	2.539,00	240.430,16		
2040	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	28	2.340,10	242.770,25		
2041	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	29	2.156,77	244.927,02		
2042	30.672,24	58,64	500,00	8.937,97	21.175,64	30	1.987,81	246.914,83		

246.914,83

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTO \$			REC.BTA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. REC.BTA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Jurc	8,50	2012		-	-	-	-	0	-		
Água	13,00	2013	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	1	20.656,13	20.656,13	
Volume do Reservatório	80,00	2014	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	2	19.037,91	39.694,05	
Volume aproveitado	2.339,40	2015	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	3	17.546,46	57.240,51	
Energia (R\$/	0,38	2016	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	4	16.171,86	73.412,37	
Energia	152,997	2017	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	5	14.904,94	88.317,30	
Volume	707,54	2018	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	6	13.737,27	102.054,57	
CUSTOS INICIAIS		2019	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	7	12.661,08	114.715,64	
Reservatório	27.626,21	2020	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	8	11.669,19	126.384,84	
Reservatório	14.506,22	2021	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	9	10.755,02	137.139,86	
Motor	1.000,00	2022	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	10	9.912,46	147.052,32	
Filtro de areia	1.936,00	2023	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	11	9.135,91	156.188,22	
Areia do filtro	1.639,75	2024	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	12	8.420,19	164.608,42	
Tubulação	200,00	2025	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	13	7.760,54	172.368,96	
Total	46.908,19	2026	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	14	7.152,58	179.521,54	
		2027	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	15	6.592,24	186.113,77	
		2028	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	16	6.075,79	192.189,56	
		2029	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	17	5.599,81	197.789,37	16,31421
		2030	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	18	5.161,11	202.950,49	
		2031	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	19	4.756,79	207.707,28	
		2032	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	20	4.384,14	212.091,41	
		2033	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	21	4.040,68	216.132,09	
		2034	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	22	3.724,13	219.856,22	
		2035	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	23	3.432,38	223.288,59	
		2036	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	24	3.163,48	226.452,07	
		2037	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	25	2.915,65	229.367,72	
		2038	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	26	2.687,23	232.054,96	
		2039	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	27	2.476,71	234.531,67	
		2040	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	28	2.282,69	236.814,36	
		2041	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	29	2.103,86	238.918,22	
		2042	30.412,24	58,14	500,00	9.197,97	20.656,13	30	1.939,04	240.857,26	

BENEFICIO-CUSTO (VPL)	
193.949,07	
193.949,07	
PERÍODO DE RETORNO	
16,31	
16,31	
BENEFICIO/CUSTO	
5,135	
5,135	

240.857,26

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros	8,50	2012		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00	2013	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	1	20.136,83	20.136,83	
Volume do Reservatório	60,00	2014	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	2	18.559,11	38.695,74	
Volume aproveitado	2.319,40	2015	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	3	17.105,17	55.800,91	
Energia (R\$/kW)	0,38	2016	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	4	15.765,13	71.566,04	
Energia bomba	151,889	2017	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	5	14.530,08	86.096,12	
Volume	727,54	2018	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	6	13.391,77	99.487,89	
CUSTOS INICIAIS		2019	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	7	12.342,65	111.830,54	
Reservatório	22.778,67	2020	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	8	11.375,71	123.206,25	
Reservatório	14.508,22	2021	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	9	10.484,53	133.690,78	
Motor Bomba	1.000,00	2022	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	10	9.663,16	143.353,94	
Filtro de areia	1.936,00	2023	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	11	8.906,14	152.260,08	
Areia do filtro	1.639,75	2024	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	12	8.208,42	160.468,50	
Tubulação	200,00	2025	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	13	7.565,37	168.033,87	
Total	42.060,64	2026	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	14	6.972,69	175.006,56	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	15	6.426,44	181.433,00	
		2028	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	16	5.922,99	187.355,99	
		2029	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	17	5.458,97	192.814,96	16,98609
192.739,04		2030	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	18	5.031,31	197.846,27	
PERÍODO DE RETORNO		2031	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	19	4.637,15	202.483,43	
		2032	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	20	4.273,87	206.757,30	
16,99		2033	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	21	3.939,06	210.696,36	
BENEFÍCIO/CUSTO		2034	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	22	3.630,47	214.326,82	
		2035	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	23	3.346,05	217.672,87	
5,582		2036	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	24	3.083,92	220.756,79	
		2037	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	25	2.842,32	223.599,11	
		2038	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	26	2.619,65	226.218,76	
		2039	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	27	2.414,42	228.633,19	
		2040	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	28	2.225,28	230.858,46	
		2041	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	29	2.050,95	232.909,41	
		2042	30.152,24	57,64	500,00	9.457,97	20.136,83	30	1.890,27	234.799,68	

Verificação do Período de Retorno

DADOS	
Taxa de Juro	8,50
Água	13,00
Volume do Reservatório	40,00
Volume aproveitado	2.299,40
Energia (R\$/kWh)	0,38
Energia	150,381
Volume	747,54
CUSTOS INICIAIS	
Reservatório	17.488,47
Reservatório	14.506,22
Motor	1.000,00
Filtro de areia	1.936,00
Areia do filtro	1.639,75
Tubulação	200,00
Total	36.770,44

BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)	
191.971,67	

191.971,67

PERÍODO DE RETORNO	
17,84	

17,84

BENEFÍCIO/CUSTO	
6,221	

6,221

ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
		ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
2012	-	-	-	-	-	0	-		
2013	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	1	19.617,13	19.617,13	
2014	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	2	18.080,30	37.697,43	
2015	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	3	16.663,87	54.361,31	
2016	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	4	15.358,41	69.719,71	
2017	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	5	14.155,22	83.874,93	
2018	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	6	13.046,28	96.921,21	
2019	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	7	12.024,22	108.945,43	
2020	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	8	11.082,23	120.027,67	
2021	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	9	10.214,04	130.241,71	
2022	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	10	9.413,86	139.655,57	
2023	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	11	8.676,37	148.331,94	
2024	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	12	7.996,85	156.328,59	
2025	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	13	7.370,19	163.698,78	
2026	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	14	6.792,80	170.491,58	
2027	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	15	6.260,65	176.752,23	
2028	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	16	5.770,18	182.522,41	
2029	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	17	5.318,14	187.840,55	
2030	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	18	4.901,51	192.742,06	17,84283
2031	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	19	4.517,52	197.259,58	
2032	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	20	4.163,61	201.423,19	
2033	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	21	3.837,43	205.260,62	
2034	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	22	3.536,80	208.797,43	
2035	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	23	3.259,73	212.057,15	
2036	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	24	3.004,36	215.061,51	
2037	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	25	2.768,99	217.830,50	
2038	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	26	2.552,07	220.382,57	
2039	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	27	2.352,14	222.734,70	
2040	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	28	2.167,87	224.902,57	
2041	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	29	1.998,03	226.900,60	
2042	29.892,24	57,14	500,00	9.717,97	19.617,13	30	1.841,51	228.742,11	

228.742,11

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. REC. BTA. LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros (%)	8,50	2012		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00	2013	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	1	19.357,38	19.357,38	
Volume do Reservatório	30,00	2014	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	2	17.840,90	37.198,28	
Volume aproveitado	2.289,40	2015	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	3	16.443,23	53.641,50	
Energia (R\$/kW)	0,38	2016	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	4	15.155,05	68.796,55	
Energia bomba	149,727	2017	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	5	13.967,79	82.764,34	
Volume	757,54	2018	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	6	12.873,54	95.637,87	
CUSTOS INICIAIS		2019	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	7	11.885,01	107.502,88	
Reservatório	14572,29037	2020	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	8	10.935,49	118.438,38	
Reservatório	14.508,22	2021	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	9	10.078,79	128.517,17	
Motor Bomba	1.000,00	2022	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	10	9.289,21	137.806,38	
Filtro de areia	1.938,00	2023	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	11	8.561,49	146.367,87	
Areia do filtro	1.639,75	2024	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	12	7.890,77	154.258,64	
Tubulação	200,00	2025	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	13	7.272,60	161.531,24	
Total	33.854,26	2026	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	14	6.702,86	168.234,09	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	15	6.177,75	174.411,84	
191.859,06		2028	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	16	5.693,78	180.105,62	
191.859,06		2029	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	17	5.247,72	185.353,34	
PERÍODO DE RETORNO		2030	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	18	4.836,61	190.189,95	
18,37		2031	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	19	4.457,70	194.647,65	18,37443
18,37		2032	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	20	4.108,48	198.756,13	
BENEFÍCIO/CUSTO		2033	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	21	3.786,62	202.542,76	
6,667		2034	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	22	3.489,97	206.032,73	
6,667		2035	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	23	3.216,56	209.249,29	
		2036	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	24	2.964,58	212.213,87	
		2037	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	25	2.732,33	214.946,20	
		2038	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	26	2.518,27	217.464,47	
		2039	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	27	2.320,99	219.785,46	
		2040	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	28	2.139,16	221.924,62	
		2041	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	29	1.971,58	223.896,20	
		2042	29.762,24	56,90	500,00	9.847,97	19.357,38	30	1.817,12	225.713,32	

225.713,32

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros	8,50	2012	-	-	-	-	-	0	-	-	
Água (R\$/m³)	13,00	2013	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	1	19.097,83	19.097,83	
Volume do Reservatório	20,00	2014	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	2	17.601,50	36.699,12	
Volume aproveitado	2.279,40	2015	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	3	16.222,58	52.921,70	
Energia (R\$/kWh)	0,38	2016	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	4	14.951,69	67.873,39	
Energia	149,073	2017	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	5	13.780,38	81.653,75	
Volume	767,54	2018	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	6	12.700,79	94.354,53	
CUSTOS INICIAIS		2019	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	7	11.705,80	106.060,33	
Reservatório	11.343,11	2020	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	8	10.788,75	116.849,08	
Reservatório	14.508,22	2021	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	9	9.943,55	126.792,63	
Motor Bomba	1.000,00	2022	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	10	9.164,56	135.957,19	
Filtro de areia	1.936,00	2023	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	11	8.446,60	144.403,80	
Areia do filtro	1.639,75	2024	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	12	7.784,89	152.188,68	
Tubulação	200,00	2025	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	13	7.175,01	159.363,69	
Total	30.625,08	2026	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	14	6.612,91	165.976,61	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	15	6.094,85	172.071,46	
192.059,45		2028	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	16	5.617,37	177.688,83	
192.059,45		2029	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	17	5.177,30	182.866,13	
PERÍODO DE RETORNO		2030	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	18	4.771,71	187.637,84	
19,01		2031	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	19	4.397,89	192.035,73	
19,01		2032	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	20	4.053,35	196.089,08	19,00585
BENEFÍCIO/CUSTO		2033	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	21	3.735,81	199.824,89	
7,271		2034	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	22	3.443,14	203.268,03	
		2035	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	23	3.173,40	206.441,43	
		2036	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	24	2.924,79	209.366,23	
		2037	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	25	2.695,66	212.061,89	
		2038	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	26	2.484,48	214.546,37	
		2039	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	27	2.289,85	216.836,22	
		2040	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	28	2.110,46	218.946,67	
		2041	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	29	1.945,12	220.891,80	
		2042	29.832,24	56,65	500,00	9.977,97	19.097,83	30	1.792,74	222.684,53	

Verificação do Período de Retorno

DADOS		CUSTOS				ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)	RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
Taxa de Juros	8,50					2012		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00					2013	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	1	18.967,75	18.967,75	
Volume do Reservatório	15,00					2014	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	2	17.481,80	36.449,55	
Volume aproveitado	2.274,40					2015	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	3	16.112,26	52.561,80	
Energia (R\$/kW)	0,38					2016	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	4	14.850,01	67.411,81	
Energia	148,748					2017	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	5	13.686,84	81.098,65	
Volume	772,54					2018	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	6	12.614,42	93.712,86	
CUSTOS INICIAIS						2019	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	7	11.626,19	105.339,05	
Reservatório	9.536,83					2020	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	8	10.715,38	116.054,44	
Reservatório	14.506,22					2021	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	9	9.875,93	125.930,36	
Motor Bomba	1.000,00					2022	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	10	9.102,24	135.032,60	
Filtro de areia	1.936,00					2023	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	11	8.389,16	143.421,76	
Areia do filtro	1.639,75					2024	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	12	7.731,94	151.153,70	
Tubulação	200,00					2025	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	13	7.126,22	158.279,92	
Total	28.818,81					2026	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	14	6.567,94	164.847,86	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)						2027	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	15	6.053,40	170.901,26	
	192.351,33					2028	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	16	5.579,17	176.480,43	
PERÍODO DE RETORNO						2029	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	17	5.142,09	181.622,53	
	19,40					2030	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	18	4.739,26	186.361,79	
	19,40					2031	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	19	4.367,98	190.729,76	
BENEFÍCIO/CUSTO						2032	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	20	4.025,79	194.755,55	19,4028
	7,675					2033	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	21	3.710,40	198.465,95	
						2034	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	22	3.419,73	201.885,68	
						2035	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	23	3.151,82	205.037,50	
						2036	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	24	2.904,90	207.942,41	
						2037	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	25	2.677,33	210.619,74	
						2038	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	26	2.467,59	213.087,32	
						2039	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	27	2.274,27	215.361,60	
						2040	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	28	2.096,10	217.457,70	
						2041	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	29	1.931,89	219.389,59	
						2042	29.567,24	56,52	500,00	10.042,97	18.967,75	30	1.780,55	221.170,14	

221.170,14

Verificação do Período de Retorno

DADOS		ANO DE FUNC.	RECEITA BRUTA (R\$/ano)	CUSTOS			RECEITA LÍQUIDA (R\$/ano)	ANO CONSID.	VALOR PRES. RECEITA LÍQ. (R\$/ano)	BENEFÍCIO ACUM. (R\$/ano)	PERÍODO DE RETORNO (ano)
				ENERGIA kWh (R\$/ano)	MANUTENÇÃO (R\$/ano)	ÁGUA COMPRADA (R\$/ano)					
Taxa de Juros	8,50	2012		-	-	-	-	0	-		
Água (R\$/m³)	13,00	2013	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	1	18.837,87	18.837,87	
Volume do Reservatório	10,00	2014	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	2	17.362,10	36.199,97	
Volume aproveitado	2.289,40	2015	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	3	16.001,93	52.201,90	
Energia (R\$/kWh)	0,38	2016	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	4	14.748,32	66.950,23	
Energia	148,419	2017	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	5	13.592,93	80.543,15	
Volume	777,54	2018	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	6	12.528,04	93.071,19	
CUSTOS INICIAIS		2019	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	7	11.546,58	104.617,78	
Reservatório	7.509,23	2020	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	8	10.642,01	115.259,79	
Reservatório	14.506,22	2021	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	9	9.808,31	125.068,09	
Motor Bomba	1.000,00	2022	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	10	9.039,91	134.108,01	
Filtro de areia	1.936,00	2023	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	11	8.331,72	142.439,72	
Areia do filtro	1.639,75	2024	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	12	7.679,00	150.118,73	
Tubulação	200,00	2025	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	13	7.077,42	157.196,15	
Total	26.791,21	2026	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	14	6.522,97	163.719,12	
BENEFÍCIO-CUSTO (VPL)		2027	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	15	6.011,95	169.731,07	
192.864,54		2028	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	16	5.540,97	175.272,04	
192.864,54		2029	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	17	5.106,89	180.378,93	
PERÍODO DE RETORNO		2030	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	18	4.706,81	185.085,73	
19,86		2031	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	19	4.338,07	189.423,80	
19,86		2032	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	20	3.998,22	193.422,02	19,86057
BENEFÍCIO/CUSTO		2033	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	21	3.685,00	197.107,02	
8,199		2034	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	22	3.396,31	200.503,33	
		2035	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	23	3.130,24	203.633,57	
		2036	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	24	2.885,01	206.518,59	
		2037	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	25	2.659,00	209.177,58	
		2038	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	26	2.450,69	211.628,27	
		2039	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	27	2.258,70	213.886,98	
		2040	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	28	2.081,75	215.968,73	
		2041	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	29	1.918,67	217.887,39	
		2042	29.502,24	56,40	500,00	10.107,97	18.837,87	30	1.768,36	219.655,75	

219.655,75