Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA
- MESTRADO -

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA

por

Isabelly Cícera Souza Dias

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre

JOÃO PESSOA - PARAÍBA FEVEREIRO - 2007

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA
- MESTRADO -

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E SOCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA

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

Isabelly Cícera Souza Dias

ORIENTADORES:
Profª. Dra. Carmem Lúcia Moreira Gadelha
Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior

JOÃO PESSOA - PARAÍBA FEVEREIRO – 2007

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Elizabete,
meus irmãos, Júnior e Danielly,
a minha tia Gera.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais esta etapa de minha vida acadêmica.

Aos meus familiares, instrumentos de Deus para minha existência. Por me apoiarem sempre, incentivarem meus estudos e estimularem meu crescimento.

Ao meu noivo Pablo, pelo apoio, compreensão e amor que me tem dedicado.

A Profª Dra. Carmem Lúcia Moreira Gadelha e Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior, pela orientação, dedicação e atenção durante a construção desse trabalho.

A Giulliano de Souza Fagundes, aluno do curso de graduação em engenharia civil da UFPB, por sua contribuição na aplicação dos formulários.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, em especial ao Prof. Dr. Celso Augusto Guimarães Santos.

Ao LARHENA (Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental) pela disponibilização de suas instalações e equipamentos no desenvolvimento da pesquisa, em especial ao professor Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva.

Aos meus colegas e amigos do LARHENA e do mestrado, pelo companheirismo e amizade. Em especial a Aline da Nóbrega, Alyne Lucena, Laise Kelly Lemos, Wamberto Raimundo da Silva Júnior, Francisco de Assis dos Reis Barbosa, Lívia Marinho, Valéria Diniz, Nayra Vicente e Lovania Werlang.

RESUMO

O problema da disponibilidade da água potável é antigo e vem se agravando com o passar do tempo, devido especialmente ao aumento da população e da poluição dos mananciais. Isto leva a procurar novas formas de aproveitamento da água. O aproveitamento de água pluvial surge como uma ação de boas perspectivas, pois substitui o uso de água potável onde a qualidade desta não é necessária. No processo de coleta de água de chuva, são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado. A água de chuva coletada através de calhas, condutores verticais e horizontais é armazenada em reservatório, geralmente enterrado. A água armazenada deverá ser utilizada somente para consumo não potável, como em bacias sanitárias, chuveiros, lavatórios, lavagem de roupas e veículos e em torneiras de jardim. Este trabalho trata do estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização de um sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva, e da avaliação da opinião da população de João Pessoa – PB sobre a implantação desse sistema para residências desta cidade. O sistema de capitação e armazenamento de águas pluviais foi concebido contendo o telhado, calhas, condutos verticais e horizontais, filtro de areia, cloração, reservatório inferior e reservatório superior. A etapa de tratamento (filtração e cloração) juntamente com uma boa qualidade inerente às águas pluviais, a torna passível de todos os usos numa residência, exceto o potável. Dessa forma, apenas a pia de cozinha (preparo de alimentos, lavagem de pratos, ingestão) ficou utilizando água potável fornecida pela concessionária. Foram considerados três tipos padrão de residências com níveis sócio-econômicos distintos: um popular, um médio e um terceiro de padrão alto. A distribuição de usos potáveis e dos não potáveis foi pesquisada na bibliografia e foi definida como sendo 84,62% de demanda por água não-potável (água pluvial) para a residência de padrão popular, 87,65% para o padrão médio e 89,63% para o padrão alto. Foram calculados os indicadores econômicos valor presente líquido (VPL) e razão benefício/custo, ambos para uma vida útil do sistema de 20 anos, além do período de retorno, para alguns valores possíveis de a capacidade do reservatório de acumulação, variando desde o máximo possível calculado pelo método de Rippl, até a um mínimo equivalente a dez dias de consumo da residência. Para o atual cenário de tarifas, o aproveitamento de águas pluviais no âmbito predial é alternativa economicamente inviável para os padrões popular e médio de residências. Para o padrão alto, em virtude do valor mais elevado de tarifa e de quantidade maiores de águas pluviais utilizadas, a alternativa é economicamente viável, com VPL variando de R$ 1.278,17 a R$ 2.254,00, razão benefício/custo variando de 1,29 a 1,47 e período de retorno variando de 8,17 a 10,36 anos. Por outro lado, para cenários futuros de valor de tarifa, o aproveitamento de águas pluviais em residências é alternativa economicamente viável, com VPL de até cerca de R$ 32.386,11 para o padrão alto de residência e valor de tarifa de água equivalente ao quádruplo do atual. Para se obter a opinião da população foram realizadas 800 entrevistas. Os resultados mostram que 66,1% da população tem conhecimento sobre a utilização da água de chuva, dos quais 54,37% a utilizam. Incluindo o percentual de entrevistados que utilizariam águas pluviais em residências caso tivessem conhecimento da opção, a parcela de utilização aumentaria para quase dois terços dentre a população pessoense, demonstrando um alto nível de aceitação da opção.

PALAVRAS-CHAVE: água pluvial, viabilidade técnica, análise econômica, opinião da sociedade.

ABSTRACT

Potable water scarcity is an ancient problem ant it is being accentuated nowadays, mainly because of human population increase and the pollution of water resources. This situation has led the human beings to look for other water sources. The catchment of rainwater in residences appears to be an option of good perspectives, since it substitutes the use of potable for rain water where the first is not required. In the rain water catchment process, impermeable areas, such as the roof, are utilized. The rainwater is collected by drips and conducted through pipes to an underground reservoir where it can be stored. This water is general used for non potable usages, such as in toilet, showers, sink, wash-house and also for car wash and garden watering. This work deals with to study of the technical, economical and social viability of rainwater catchment in residences in the city of João Pessoa, state of Paraíba, in northeast Brazil.The catchment system comprised the roof, drips, pipes, sand filter, chlorination, lower reservoir and upper reservoir. The water treatment stage along with the good quality of rainwater allows it to be used for all domestic demands, except the potable one. Therefore, in this work, only the kitchen demand was considered for the potable water and all the other demands for non potable water. Three socio-economical residence standards were considered: a popular, a medium and a high one. Potable and non potable usages were assumes based on literature review and were considered 84,62, 87,65 and 89,63% for the non potable usage in the popular, medium and high socio-economical residence standards, respectively. The net present value (NPV) and the benefit/cost ratio were calculated for a twenty-year period for a residential rainwater system. The pay-back period was also calculated. These economical indicators were calculated for several lower reservoir capacities, varying from a ten-day equivalent capacity to a maximum of that calculated by the Rippl method. For the present water tax scenario the rainwater catchment showed to be an unviable alternative for the popular and medium socio-economical standards. For the high socio-economical standard the alternative showed to be economically viable, with NPV varying from R$ 1278,17 a R$ 2254,00, benefit/cost ration varying from 1,29 to 1,47 and pay-back period varying from 8,17 to 10,36 years. Furthermore, for future expected scenarios of water taxes, the rainwater cathment in residences showed to be an economical viable alternative, with NPV of up to R$ 32386,11for the high socio-economical residence standard and water tax equivalent to four times the current one. In order to discovery the population acceptability, 800 interviews were applied. Results showed that 66,1% of João Pessoa population have the knowledge of rainwater usage in residences, of which, 54,37% make use of it. Including the people who would use rainwater in residence if they knew the alternative, the potential use of this water would increase almost two thirds of the city population.

Key-words: rainwater, technical viability, economical analysis, social acceptability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Uso dos recursos hídricos no mundo 16

Figura 1.2 – Ciclo hidrológico terrestre 17

Figura 3.1 – Pedra Moabita 29

Figura 3.2 – Fortaleza de Massada 29

Figura 3.3 – Palácio de Knossos 29

Figura 3.4 – Interior do palácio de Knossos 30

Figura 3.5 – Residência em Ribeirão Preto com aproveitamento de água pluvial 31

Figura 3.6 – Cisterna de placa de cimento 32

Figura 3.7 – Área de abrangência do Programa um milhão de cisternas 33

Figura 3.8a – Resultado das análises da 2ª etapa de caracterização da água da chuva 36

Figura 3.8b – Resultado das análises da 2ª etapa de caracterização da água da chuva 36

Figura 3.8c – Resultado das análises da 2ª etapa de caracterização da água da chuva 36

Figura 3.9 – Dispositivo usado na coleta direta 40

Figura 3.10 – Residência de telhado de amianto onde foi realizada a coleta das amostras 41

Figura 3.11 – Residência de telhado cerâmico onde foi realizada a coleta das amostras 41

Figura 3.12 – Reservatórios inferiores 42

Figura 3.13a – Calha de beiral 46

Figura 3.16b – Calha de platibanda 46

Figura 3.13c – Calha água-furtada 47

Figura 4.1 – Variação do preço do reservatório em função do volume requerido 56

Figura 4.2a – Filtro de areia do padrão popular 58

Figura 4.2b – Filtro de areia do padrão médio 58

Figura 4.2c – Filtro de areia do padrão alto 58

Figura 4.3 – Variação da taxa de juros entre os anos de 2000 e 2006 59

Figura 5.1 – Freqüência acumulada dos dados pluviométricos diários de João Pessoa 71

Figura 5.2 – *Boxplot* ilustrando o total pluviométrico mensal em João Pessoa 74

Figura 5.3 – Histograma das precipitações anuais 75

Figura 5.4 – Freqüência acumulada do total pluviométrico de João Pessoa 76

Figura 5.5 – Volume do reservatório x confiabilidade volumétrica x volume aproveitado corrigido para o padrão popular 89

Figura 5.6 – Volume do reservatório x confiabilidade volumétrica x volume aproveitado corrigido para o padrão médio 89

Figura 5.7 – Volume do reservatório x confiabilidade volumétrica x volume aproveitado corrigido para o padrão alto 90

Figura 5.8 – Valor presente líquido para o padrão popular 91

Figura 5.9 – Razão benefício/custo para o padrão popular 92

Figura 5.10 – Período de retorno para o padrão popular 93

Figura 5.11 – Valor presente líquido para o padrão médio 94

Figura 5.12 – Razão benefício/custo para o padrão médio 95

Figura 5.13 – Período de retorno para o padrão médio 96

Figura 5.14 – Valor presente líquido para o padrão alto 97

Figura 5.15 – Razão benefício/custo para o padrão alto 98

Figura 5.16 – Período de retorno para o padrão alto 99

Figura 5.17 – Percentual da população que têm conhecimento sobre a utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006 101

Figura 5.18 – Percentual dos entrevistados, em relação ao total do grupo (faixa etária), que tem conhecimento da utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006 103

Figura 5.19 – Coeficiente de correlação entre o percentual de entrevistados que declararam ter conhecimento da utilização de águas pluviais em residências e a variável idade 103

Figura 5.20 – Percentual dos entrevistados, em relação ao total do grupo (nível de escolaridade), que tem conhecimento da utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006 104

Figura 5.21 – Percentual da população que utiliza água de chuva, João Pessoa, 2006 105

Figura 5.22 – Locais onde as águas pluviais são utilizadas, João Pessoa, 2006 105

Figura 5.23 – Motivo de não fazer tratamento antes de utilizar água de chuva, João Pessoa, 2006 106

Figura 5.24 – Motivo da não utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006 106

Figura 5.25 – Percentual dos entrevistados que utilizariam águas pluviais, João Pessoa, 2006 107

Figura 5.26 – Locais onde as águas pluviais poderiam ser utilizadas, João Pessoa, 2006 107

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Parâmetros encontrados na análise da água de chuva em diversas localidades do Brasil 39

Quadro 4.1 – Características do posto pluviométrico utilizado 52

Quadro 4.2 – Codificação de amostragem 65

Quadro 5.1 – Resumo mensal das freqüências acumuladas dos dados diários de precipitação 72

Quadro 5.2 – Resumo dos dados pluviométricos de João Pessoa 76

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Formulário 117

Apêndice B – Confiabilidade volumétrica para o reservatório de 8,80 m³ (padrão popular) para o ano de 1913 119

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE APÊNDICES

1 INTRODUÇÃO 15

1.1 Importância da água para o meio ambiente e ser humano 15

1.2 Distribuição da água no planeta e disponibilidade hídrica no Brasil 16

1.3 Usos e demandas da água 20

1.4 O desabastecimento de água nas grandes cidades 21

1.5 Reúso da água nas edificações 22

1.5.1 Utilização da água das chuvas nas edificações 23

1.6 Justificativa 25

2 OBJETIVO 27

2.1 Objetivo geral 27

2.2 Objetivos específicos 27

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 28

3.1 Aproveitamento predial de águas pluviais 28

3.2 Qualidade das águas pluviais 34

3.3 Elementos componentes de um sistema de aproveitamento de água de chuva .. 43

3.4 Aceitação social 47

3.5 Viabilidade econômica 49

3.5.1 Valor Presente Líquido (VPL) 49

3.5.2 Relação Benefício/Custo 50

3.5.3 Tempo de retorno de capital 51

4 METODOLOGIA 52

4.1 Levantamento da oferta pluviométrica 52

4.2 Levantamento da demanda 53

4.3 Dimensionamento do reservatório inferior 54

4.4 Identificação dos custos e benefícios econômicos do projeto 55

4.4.1 Custos de investimento direto 56

4.4.2 Custo de investimento indireto 59

4.4.3 Custos de exploração 60

4.4.4 Benefícios econômicos 61

4.5 Aceitação social 61

4.5.1 Elaboração dos formulário 62

4.5.2 Determinação do tamanho da amostra 62

4.5.2.1 Seqüência de operações da NBR 5.426 63

4.5.2.2 Cálculo de domicílios por bairros 66

4.5.3 Aplicação dos formulários 69

4.5.4 Análise estatística dos dados coletados 70

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 71

5.1 Análise técnica 71

5.1.1 Oferta de águas pluviais em João Pessoa 71

5.1.2 Demanda predial por águas de chuva 77

5.2 Análise econômica 79

5.2.1 Dimensionamento do reservatório inferior 79

5.2.2 Confiabilidade do reservatório de acumulação 83

5.2.3 Indicadores econômicos do sistema de aproveitamento de águas pluviais 90

5.3 Aceitação social 100

5.3.1 Perfil dos entrevistados 100

5.3.2 Nível de conhecimento e participação da população 101

6 CONCLUSÕES 109

REFERÊNCIAS 112

APÊNDICE A 117

APÊNDICE B 119

ANEXO A 130

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância da água para o meio ambiente e ser humano

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico verificados nas últimas décadas têm feito com que a água se torne um recurso cada vez mais precioso, escasso e disputado em praticamente todo o mundo. A importância da água é explicada pelo fato dela ser essencial ao ser humano, ao desenvolvimento econômico e à preservação do meio ambiente.

No que se refere ao ser humano, estima-se que para atender a suas necessidades fisiológicas, uma pessoa precise de 2 a 3 litros de água por dia, porém o mínimo de água necessário para manter uma boa saúde é de 100 litros por dia. Esta quantidade supre, além das necessidades fisiológicas, outros usos, como higiene pessoal, higienização de ambientes e objetos e preparação de alimentos (KEMPER, 1997). Este valor depende muito da condição sócio-econômica da população. Quanto mais desenvolvida socialmente for uma população, maior será sua busca por qualidade de vida, ou seja, de bem estar social. Isto implica necessariamente num aumento do consumo *per capita* de água. A saúde pública é igualmente dependente do acesso à água de boa qualidade, já que, segundo o Banco Mundial (1998), as doenças de veiculação hídrica atingem a mais de 1 bilhão de pessoas por ano, matando aproximadamente 3 milhões. Estes números poderiam ser facilmente reduzidos se a população tivesse acesso a um serviço de saneamento adequado.

No que se refere aos aspectos econômicos, a água serve de insumo de produção a várias atividades, destacando-se a produção hidrelétrica, agricultura irrigada, abastecimento público e produção industrial. No Brasil, por exemplo, a fonte hidráulica é responsável por mais de 90% da produção de energia elétrica. Inúmeros processos industriais necessitam direta ou indiretamente de água para a sua realização, como, por exemplo, a produção de

papel, o qual se precisa de cerca de 250 mil litros de água para obter uma tonelada do produto (ARMAND, 1998; FREITAS & COIMBRA, 1998). A Figura 1.1 abaixo mostra como a água é distribuída entre as diversas atividades econômicas.

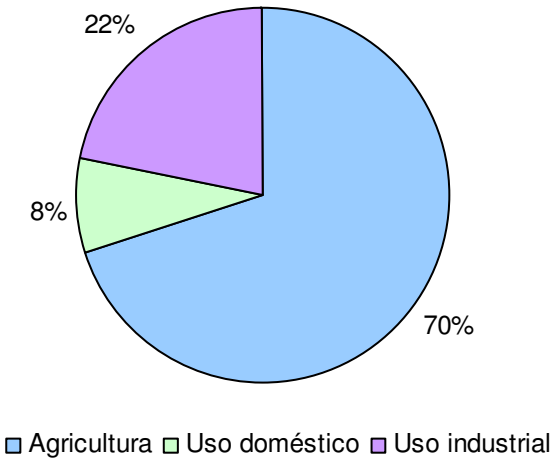


Figura 1.1 – Uso dos recursos hídricos no mundo.

Fonte: Banco Mundial (2001) *apud* UNESCO (2002).

No que se refere ao meio ambiente, este é extremamente dependente e vulnerável a alterações das condições hidrológicas, pois a água possui um papel importante na manutenção dos ecossistemas, devido às quantidades necessárias para manter o fluxo dos rios e a preservação da fauna e flora. Certos ecossistemas, como os costeiros e os pântanos, são particularmente vulneráveis, pois alterações hidrológicas podem levar a catástrofes ambientais irrecuperáveis.

1.2 Distribuição da água no planeta e disponibilidade hídrica no Brasil

A água é a substância mais abundante na superfície da Terra, o componente principal de todos os seres vivos, e uma grande força que constantemente molda a superfície terrestre. A água na Terra existe num espaço chamado de hidrosfera que vai até cerca de 15 km para cima na atmosfera e cerca de 1 km para baixo na litosfera, a crosta terrestre. A água circula na hidrosfera através do labirinto de caminhos constituindo o ciclo hidrológico.

Os processos do ciclo hidrológico ocorrem continuamente. Como mostrado esquematicamente na Figura 1.2, a água evapora dos oceanos e da superfície terrestre para tornar-se parte da atmosfera; o vapor d'água é transportado e levantado na atmosfera até que

se condense e precipite na terra ou no oceano; a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação se transformar em escoamento superficial sobre a superfície terrestre, infiltrar na terra, escoar através do solo como escoamento subsuperficial, e desaguar nos córregos como escoamento superficial concentrado. A maioria das águas interceptadas e escoamentos superficiais retornam para a atmosfera através da evaporação. A água infiltrada pode penetrar profundamente para recarregar o lençol freático, posteriormente emergir em fontes ou entrar em córregos para formar escoamento superficial, e finalmente desaguar para o oceano ou evaporar para a atmosfera já que o ciclo hidrológico continua.

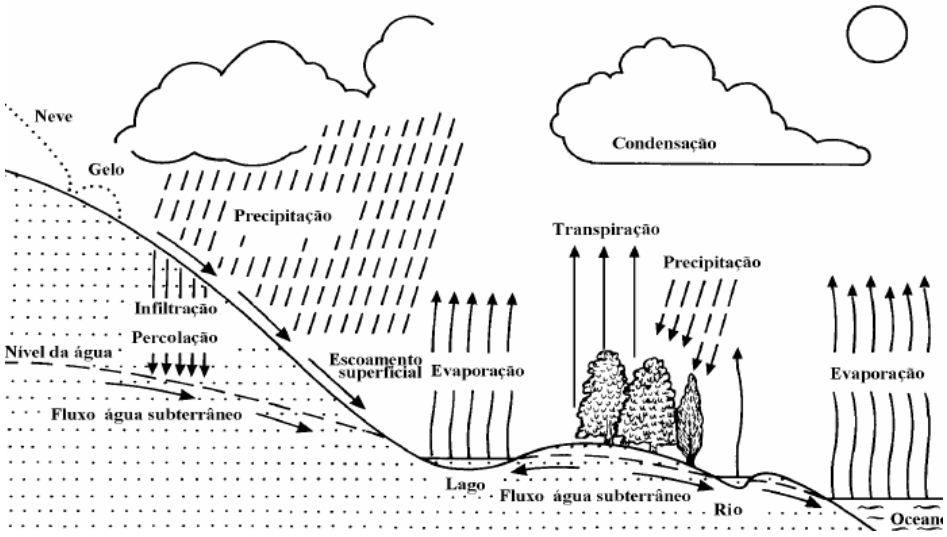


Figura 1.2 – Ciclo hidrológico terrestre.
Fonte: Tucci (2001)

Evidenciada a importância da água para a vida humana, torna-se necessário verificar a sua disponibilidade e distribuição espacial. Estimar a quantidade total de água na Terra e nos vários processos do ciclo hidrológico tem sido um tópico de exploração cientifica desde a segunda metade do século XIX (CHOW, MAIDMENT & MAYS, 1988). Entretanto, dados quantitativos são escassos, particularmente sobre os oceanos, e então as quantidades de água nos vários componentes do ciclo hidrológico global ainda não são conhecidas precisamente. A Tabela 1.1 lista as quantidades estimadas de água em várias formas na Terra.

Tabela 1.1 – Quantidades estimadas da água mundial.

Item	Área (10^6 km²)	Volume (km³)	Porcentagem da água total	Porcentagem de água fresca
Oceanos	361,3	1.338.000.000	96,5	
Água subterrânea				
Fresca	134,8	10.530.000	0,76	30,1
Salina	134,8	12.870.000	0,93	
Umidade do solo	82,0	16.500	0,0012	0,05
Gelo polar	16,0	24.023.500	1,7	68,6
Outro gelo e neve	0,3	340.600	0,025	1,0
Lagos				
Doce	1,2	91.000	0,007	0,26
Salgado	0,8	85.400	0,006	
Pântanos	2,7	11.470	0,0008	0,03
Rios	148,8	2.120	0,0002	0,006
Água biológica	510,0	1.120	0,0001	0,003
Água atmosférica	510,0	12.900	0,001	0,04
Água total	510,0	1.385.984.610	100	
Água fresca	148,8	35.029.210	2,5	100

Fonte: Chow, Maidment & Mays (1988).

Conforme observado, 96,5% de toda água está nos oceanos. Do restante, 1,7% está no gelo polar, 1,69% nas águas subterrâneas e apenas 0,1% nas águas do sistema superficial e atmosférico. Apenas 0,006% da água doce está contida em rios. A água biológica, fixada nos tecidos de plantas e animais, compreende a 0,003% de toda a água doce, equivalente a metade do volume contido nos rios. A Tabela 1.2 a seguir apresenta os volumes renováveis existentes em mananciais hídricos, como rios e lagos no mundo.

Tabela 1.2 – Estimativa da 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).

Com base na Tabela 1.2, pode-se concluir que o Brasil possui relativamente água em abundância, o que vem a constituir uma vantagem estratégica em relação a outros países. Embora o Brasil ainda tenha uma situação privilegiada em relação à quantidade e à qualidade de sua água, a forma de uso não vem ocorrendo de maneira correta e responsável. Superexploração, despreocupação com os mananciais, má distribuição, poluição, desmatamento e desperdício são apenas alguns dos fatores que comprovam o descaso com este importante recurso. É importante ressaltar que a escassez de água põe em risco a vida no planeta e pode afetar diversas atividades econômicas, entre elas a geração de energia elétrica.

O Brasil detém 13,8% de toda a água doce superficial da Terra (UNIAGUA, 2006). Deste percentual, 68,5% está localizada na Região Norte e apenas 31,5% está distribuído de forma desigual pelo resto do país, sendo esta última parcela responsável pelo abastecimento de 92,3% da população brasileira. A Tabela 1.3 apresenta os dados de população, distribuição dos recursos hídricos e disponibilidade hídrica em cada região do Brasil. A Tabela 1.4 apresenta a população e a disponibilidade hídrica para os Estados da Região Nordeste.

Tabela 1.3 – Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil.

Região	**População**	**(%)**	**Recursos Hídricos (%)**	**Disponibilidade hídrica (m^3/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 1.4 – Distribuição da população e disponibilidade hídrica na região Nordeste.

Estado	**População**	**Disponibilidade hídrica (m^3/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).

Na Tabela 1.3 observa-se que as regiões Norte e Centro-Oeste detêm a maior parte dos recursos hídricos do país. Entretanto, nestas regiões encontram-se as menores parcelas da população brasileira ao passo que as regiões Sudeste e Nordeste, onde se concentra a maior parte da população, apresentam as menores parcelas de recursos hídricos do país e disponibilidade hídrica abaixo da necessária para abastecimento que é de 1.700 m³/hab.ano (MAIA NETO, 1997). Como se pode observar na Tabela 1.4, os Estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe apresentam oferta hídrica abaixo da necessária.

1.3 Usos e demandas da água

Atualmente, o volume de água retirado da natureza pelo homem é da ordem de 3.500 km³ por ano (PEREIRA JÚNIOR, 2004), quase o dobro da média de vazão de todos os cursos de água da Terra. Isto só é possível em decorrência do ciclo hidrológico, o qual renova por cerca de vinte vezes ao ano a água doce dos corpos hídricos.

A água conduzida a uma cidade enquadra-se em uma das seguintes classes de consumo, ou de destino (YASSUDA *et al*., 1976):

a) Uso doméstico: água consumida nas habitações, compreendendo as parcelas destinadas a fins higiênicos, potáveis e alimentares, e à lavagem em geral. Esta classe pode ser dividida como de uso interno e externo, dado que a água para o uso externo destina-se à lavagem de calçadas, rega de jardins, lavagem de carros, etc., enquanto que a água para o uso interno destina-se ao consumo doméstico em geral. O consumo de uso doméstico varia com o nível sócio-econômico da população, sendo maior quanto mais elevado for este padrão;

b) Uso comercial ou industrial: água de uso comercial é destinada a bares, restaurantes, hotéis, postos de gasolina, garagens, entre outros, enquanto que a água de uso industrial é utilizada como matéria-prima, para lavagem, refrigeração, alimentação de caldeiras e processos industriais em geral. Esta classe representa um consumo significativamente mais elevado que o de uso doméstico;

c) Uso público: parcela de água destinada à rega de jardins, lavagem de ruas e passeios, edifícios e sanitários de uso público, alimentação de fontes, combate a incêndio, etc;

d) Perdas: sob o ponto de vista operacional dos sistemas públicos de abastecimento, são consideradas perdas de água os volumes não contabilizados, dividindo-se em perdas físicas (parcela não consumida) e perdas não físicas (água consumida e não registrada). As perdas físicas originam-se de vazamentos do sistema, envolvendo captação, adução de água

bruta, tratamento, reserva, adução de água tratada e distribuição de água, além de procedimentos operacionais. As perdas não físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou passíveis de sub-medição, fraudes em hidrômetros entre outros. A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção (energia, produtos químicos e outros), enquanto que a redução das perdas não físicas permite aumentar a renda tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços (SILVA & CONEJO, 1998).

1.4 O desabastecimento de água nas grandes cidades

Cada vez mais os grandes centros urbanos localizados em áreas originalmente com disponibilidade de recursos hídricos para abastecimento em qualidade e quantidade, estão sendo obrigados a fazer a captação de água em fontes cada vez mais distantes em decorrência do crescimento da demanda de água ou da má qualidade no manancial. Assim em decorrência do contínuo processo de crescimento da população e urbanização, há uma necessidade cada vez maior de investimento em pesquisa visando o melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

As companhias de água exercem um papel vital no gerenciamento deste recurso. Com a continuidade da migração para as cidades, as companhias de água têm a complexa tarefa de fornecer água com custo otimizado para manter as cidades funcionando. Os recursos limitados de energia, o suprimento ineficiente de água e as crescentes preocupações ambientais tornam a tarefa de distribuição de água ainda mais desafiadora.

Atualmente mais de 40% da população mundial mora em áreas com recursos limitados de água e de acordo com Petrella (2002 *apud* FALKENBERG, 2005), provavelmente este percentual crescerá para 50% até o ano 2025, já que a demanda de água também cresce. Alguns municípios têm visto um aumento na demanda de água devido, principalmente, ao crescimento da população, à migração da área rural para a área urbana, e à industrialização. Muitos municípios estão tendo dificuldades crescentes para assegurar fontes adequadas de água que atendam a essa crescente demanda.

O consumo de água de uma população varia de região para região, de cidade para cidade e dentro de uma mesma cidade pode variar muito de um setor de distribuição para outro. Os principais fatores associados à definição do consumo são o nível sócio-econômico dos consumidores, os tipos de residências, o tipo de uso do solo, as características das

instalações hidráulicas individuais, o método de medida de consumo, o preço da água e as condições climáticas.

O Brasil detém muita água, porém não nos lugares onde a população se encontra concentrada (mais de 80% na região costeira). Segundo Sickermann (2003), em grandes cidades como São Paulo, Recife e outras a situação se caracteriza da seguinte forma: "6 meses com enchentes e 6 meses sem água". Soma-se a este quadro ainda a descontrolada exploração dos lençóis subterrâneos por poços artesianos. No caso de Recife a imprensa noticia as consequências: terrenos cedendo e a contaminação dos lençóis freáticos pela invasão d'água do mar.

Segundo Sickermann (2003), a cidade de São Paulo terá um aumento da população urbana dos atuais 17 para 21 milhões nos próximos 25 anos, evidenciando que as soluções técnicas tradicionais, de se enfrentar o aumento da demanda com produção maior, não mais serão suficientes. Mesmo hoje São Paulo já recebe uma parte da água potável que consome de cursos hídricos a uma distância de até 60 km.

De acordo com Silva (2003) *apud* Nóbrega, Alencar & Galvão (2005), Campina Grande, localizada no estado da Paraíba, é uma dentre as centenas de outras cidades nordestinas que enfrentam graves crises de abastecimento de água potável, provocada pelo baixo nível do volume de água do açude Presidente Epitácio Pessoa (Boqueirão), único manancial que abastece a cidade.

Assim como muitas outras cidades que sofrem com a crise do abastecimento de água, Campina Grande em 1997 passou a adotar o racionamento de água que se prolongou por uma série de três anos consecutivos. Embora no início do ano de 2000 o racionamento tenha sido suspenso, a crise do abastecimento de água na cidade prosseguiu, pois o açude continuou perdendo volume nos anos seguintes, tendo em junho de 2003 registrado menos de 1/3 de sua capacidade (SILVA, 2003 *apud* NÓBREGA, ALENCAR & GALVÃO, 2005).

1.5 Reúso da água nas edificações

A escassez de água, associada aos altos custos inerentes ao desenvolvimento de novas fontes de abastecimento, é o fator responsável pela crescente necessidade de conservação dos recursos hídricos existentes. Entre os procedimentos atualmente aplicados para a conservação da água, está o reaproveitamento dos esgotos, após tratamento adequado, e o uso das águas de chuvas, tanto no meio rural quanto urbano, para usos não nobres.

O reúso para fins não potáveis foi incrementado em todo o mundo nas últimas décadas, devido à crescente dificuldade de atendimento da demanda dos centros urbanos. Com a implantação da Política do Reúso em vários países do mundo (*e.g*. Israel), importantes volumes de água potável são poupados, usando-se água de qualidade inferior, geralmente efluente secundário pós-tratado e a água de chuva para atendimento da finalidade que podem prescindir da potabilidade.

Evitar o desperdício e fazer o uso racional da água está deixando de ser uma preocupação ambientalista e passa a ser também uma preocupação econômica. Por esse motivo, empresas, organizações não-governamentais e especialistas no assunto estão investindo cada vez mais em pesquisas para descobrir formas de reaproveitar a água doce, economizando este recurso. Sendo que o reúso da água em edificações é perfeitamente possível, desde que seja projetado para este fim, respeitando todas diretrizes a serem analisadas, ou seja, evitar que a água reutilizada seja misturada com a água tratada e não permitir o uso da água reutilizada para consumo direto, preparação de alimentos e higiene pessoal.

O reúso da água favorece a redução da demanda nos mananciais, pela possibilidade de substituição de água potável por uma outra de qualidade inferior, que seja compatível com o uso especifico. Este procedimento conceitua-se como substituição de fontes e, dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados, utilizando-se águas originárias de efluentes tratados e de chuvas para o atendimento de demandas cujas finalidades podem prescindir de água com tratamento dentro do padrão de potabilidade.

1.5.1 Utilização da água das chuvas nas edificações

Tendo em vista a degradação dos recursos hídricos e a conseqüente escassez da água em praticamente todo o mundo, torna-se importante o seu racionamento e gerenciamento eficaz, e uma das formas de se obter água é justamente o aproveitamento das águas pluviais. O seu uso está sendo cada vez mais diversificados, devido às tecnologias que estão sendo desenvolvidas para garantir a economia de água. A captação da água de chuva ocorre antes que a água chegue no solo, evitando a contaminação. As águas pluviais assim captadas servem para muitos usos não potáveis, como lavagem de automóveis, água para descarga na bacia sanitária, irrigação de jardins e lavagem de áreas comuns em edifícios.

De acordo com Ciocchi (2003), as implantações de sistemas de reaproveitamento de água pluvial terão sua funcionalidade e relação custo/benefício relativo ao tipo de edificação, ou seja:

- Condomínios horizontais e residências unifamiliares: o custo de implantação será menor se o sistema for planejado antes da construção. A economia de água pode ser grande, já que a área de telhado é relativamente grande em relação ao número de habitantes, assim, é possível aproveitar uma maior quantidade de chuva. A instalação é simples, mas, em casas já construídas, convém o uso externo da água, para evitar obras com instalações adicionais, como caixa d'água e tubulações;
- Condomínio vertical: apesar de o custo de implantação ser baixo, a economia de água não é grande. Nessas edificações, a área de cobertura é relativamente pequena em relação ao número de habitantes. No entanto, a instalação é simples mesmo nos prédios construídos, dispensando, em alguns casos, o uso da bomba. A cisterna pode ser substituída por várias caixas d'água colocadas na garagem, por exemplo;
- Galpões e armazéns: após a implantação o retorno com a economia de água é bastante aceitável. Em galpões, supermercados, por conta da área coberta de laje e estacionamentos, a quantidade de água reaproveitada é grande. Muitas obras deste tipo já são obrigadas a prever caixas de retenção. Supermercados e postos de combustíveis podem aproveitar a água de chuva em um lava rápido; e
- Loteamentos industriais, residenciais e aeroportos: a área do projeto muitas vezes requer a preparação das obras de drenagem e/ou retenção das águas pluviais, e parte deste custo pode ser reduzido ao prever um sistema de retenção e utilização de água de chuva.

A legislação brasileira não define padrões de qualidade para água de reúso domiciliar. Atualmente existe uma proposta que está em fase de discussão. Esta proposta é baseada em legislações de outros países, na qual são apresentados critérios de qualidade da água para reúso de acordo com uso previsto. A única norma identificada que aponta para padrões de qualidade de água para uso em vaso sanitário é a NBR 13.969 (ABNT, 1997) que complementa a NBR 7.229 (ABNT, 1993), que apresenta como parâmetro bacteriológico de reúso de água nas descargas dos vasos sanitários 500 NMP/100ml de coliformes termotolerantes.

1.6 Justificativa

Algumas regiões do planeta já convivem com a escassez da água: na China, Índia, México e África os lençóis freáticos registram queda de 1 metro por ano. Outras regiões, com água em pequena quantidade, enfrentam o problema de acesso, partilha e garantia de fluxo constante. Por outro lado Brasil, Indonésia e Nigéria possuem grandes aqüíferos, mas a falta de obras básicas de infra-estrutura afeta a distribuição e a qualidade da água. Embora o Brasil possua uma situação privilegiada em relação à sua disponibilidade hídrica, cerca de 79% da água doce do país encontra-se na região amazônica, que é habitada por menos de 8% da população (SOUSA & LEITE, 2002).

Na Sétima Conferência das Partes da Convenção da Organização das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada em 2001, no Marrocos, foi apresentado um relatório que alertava para a falta de água, que deverá atingir 45% da população mundial em menos de 50 anos. A Organização das Nações Unidas (ONU) está ciente de que, antes da metade do século XXI, vários países não atingirão o mínimo de 40 litros de água por dia necessários ao atendimento das carências humanas. Os países em desenvolvimento serão os mais atingidos, devido ao crescimento populacional.

Estudos têm demonstrado que regiões com disponibilidade hídrica abaixo de 1600 m^3/hab.ano encontram-se com tendência a sofrer problemas de falta de água (BOTELHO, 1985). Nenhum estado brasileiro está sob o regime de escassez crônica de água. Porém, seis estados, cinco deles na região Nordeste, encontram-se com sua disponibilidade hídrica entre 1.000 m^3/hab·ano e 1.700 m^3/hab·ano, o que configura situação de estresse hídrico periódico e regular, segundo estudos da Organização Mundial de Saúde - OMS. Estados como Pernambuco e Paraíba, já passaram por períodos de racionamento de água de abastecimento, em detrimento das poucas reservas de seus mananciais (LIMA, 2000).

Nos centros urbanos, o consumo de água para uso doméstico por habitante é consideravelmente maior que nas zonas rurais, em virtude dos diferentes hábitos culturais. Nas áreas urbanizadas, o abastecimento é geralmente realizado através de redes de distribuição, cuja água é captada na maioria das vezes em mananciais superficiais (rios, lagos) ou poços.

Entretanto, grandes volumes de água proveniente das precipitações atmosféricas poderiam ser aproveitados para abastecimento, principalmente em conglomerados urbanos localizados em áreas com escassez periódica de água. Estima-se a economia de 30% de água da rede pública quando se utiliza água de chuva (TOMAZ, 2003). Em regiões urbanizadas,

devido à ocupação das áreas e a conseqüente impermeabilização dos solos, as águas de chuva resultam em vazões pluviais muito maiores que as que ocorreriam em áreas cobertas por vegetação, que permitiriam que volume de águas infiltrasse.

Assim, em praticamente todas as cidades, as águas precipitadas sobre os telhados das edificações são lançadas nas vias públicas ou na rede de drenagem, quando poderiam estar sendo destinadas a reservatórios para posterior utilização. Embora a possibilidade de aproveitamento das águas pluviais seja, a priori, uma das maneiras de economizar os recursos hídricos especialmente em áreas urbanas e com pouca disponibilidade hídrica, não se pode desconsiderar o estudo da viabilidade técnica de instalações/adaptações em edificações existentes como também naquelas em projeto.

Deste modo, a relevância da pesquisa fundamenta-se na possibilidade de desenvolver um estudo sobre o processo de captação de água de chuva, para que a problemática da escassez de água seja minimizada, observando-se as tecnologias que poderão ser utilizadas, a aceitação da população e o retorno econômico.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

A presente dissertação tem como objetivo analisar a viabilidade técnica, econômica e social da captação da água de chuva para ser utilizada em residências, na cidade de João Pessoa.

2.2 Objetivos específicos:

- Analisar a viabilidade técnica de captação, reservação, tratamento e utilização das águas pluviais para alguns padrões sócio-econômicos de moradias;

- Avaliar a viabilidade econômica, considerando o custo das instalações/adaptações e o retorno dos investimentos;

- Avaliar a aceitação da população com relação ao aproveitamento da água de chuva.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aproveitamento predial de águas pluviais

A falta d'água começa a preocupar a população dos grandes centros urbanos. O aumento da demanda junto à poluição dos mananciais de abastecimento faz com que a água disponível nos mananciais seja, muitas vezes, imprópria para o consumo e, algumas vezes, de difícil tratamento.

A crise no abastecimento de água no mundo atual, devido ao crescimento acelerado da população e à mudança de hábito provocado pelo novo estilo de vida, fazem com que a demanda diária *per capita* aumente drasticamente. O aumento da demanda por água potável aliado a escassez dos recursos hídricos faz com que se tenha a preocupação com o uso racional da água. Além da necessidade de economia, a reciclagem e a reutilização aparecem como fontes alternativas para o uso racional da água. A utilização da água pluvial em edificações, tanto residenciais quanto comerciais e industriais é apresentada como uma dessas fontes alternativas. Essa tecnologia surge para combater dois problemas das grandes cidades: o de abastecimento de água e o de drenagem urbana. Há muito tempo, essa tecnologia é utilizada em diversas regiões do mundo sendo em algumas, a única fonte de abastecimento de água.

> [...] o aproveitamento de água pluvial aparece neste início de Século XXI como uma alternativa a fim de substituir o uso de água potável em atividades em que esta não seja necessária tais como descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagens de carros, pisos e passeios (GOULD, NISSEN-PETERSEN, 1999, *apud* CAMPOS *et al.*, 2004).

Segundo Tomaz (2003), uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita (Figura 3.1), encontrada no Oriente Médio e datada de 850 a.C. Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento de água de chuva. A famosa fortaleza de Massada (Figura 3.2), em Israel, tem 10 reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros. No palácio de Knossos (Figuras 3.3 e 3.4) na ilha de Creta, aproximadamente em 2.000 a.C., era aproveitada a água de chuva para descargas em bacias sanitárias.

Figura 3.1 – Pedra Moabita.

Fonte: Wikipedia (2006)

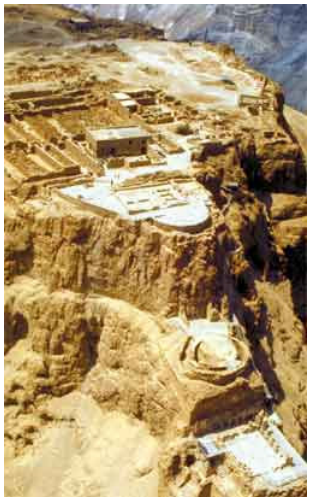


Figura 3.2 – Fortaleza de Massada.

Fonte: Beth-shalom (2004)

Figura 3.3 – Palácio de Knossos.

Fonte: Veroyferdeviaje (2006)

Figura 3.4 – Interior do palácio de Knossos.

Fonte: Veroyferdeviaje (2006)

Na Mesopotâmia registros datam a utilização da água de chuva de 2.750 anos a.C. Foi descoberto em 1885, em Monturque, Roma, 12 reservatórios subterrâneos com entrada superior. Cada unidade tinha largura de 3,08 m, com comprimento de 6,65 m e altura de 4,83 m que perfaziam 98,93 m³ cada, perfazendo o volume de 1.187 m³, cuja água de armazenamento era usada para abastecimento público (TOMAZ, 2003). A *Environmental Protection Agency* (EPA) – Serviço de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América aponta a existência de mais de 200 mil reservatórios para o aproveitamento de água de chuva naquele país. Na Califórnia, são oferecidos financiamentos para a construção de sistemas de captação de água de chuva, o mesmo acontecendo na Alemanha e Japão (TOMAZ, 2003).

Em Hamburgo, na Alemanha, é concedido gratuitamente cerca de U$$ 1.500,00 a U$$ 2.000,00 após a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva (TOMAZ, 2003). Hamburgo foi o primeiro estado alemão a instalar sistemas de aproveitamento de águas de chuva iniciando em 1988, havendo até o ano de 2000 aproximadamente 1500 sistemas privados de coleta de água de chuva. Na Alemanha, o aproveitamento de água de chuva é destinado a irrigação (jardins), descargas de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupas e uso comercial e industrial.

O Japão é outro país onde o uso de água pluvial assume um papel de destaque. O Japão é um país pobre em recursos naturais, principalmente água potável. Devido a esta situação, ações que promovam o uso racional de água são comuns nesse país. A literatura relata diversas experiências de sucesso no aproveitamento de água pluvial. Banheiros públicos projetados sob ponto de vista ecológico podem ser vistos em muitos locais. Um exemplo é o banheiro público construído no Parque Hirano Cherry, na cidade de Adachi, Tóquio. Na

cobertura do banheiro há um reservatório com 1,7 m³ de capacidade, que armazena as águas pluviais, com canteiros de plantas nas bordas. Quando chove, a água que excede a capacidade do reservatório transborda para o canteiro de plantas nas bordas, e depois infiltra no solo. Desse modo, as plantas recebem a água necessária e, se houver falta de água no reservatório, é fornecida água do abastecimento público (FENDRICH & OLIYNIK, 2002).

No Brasil, poucos estudos foram feitos em relação a experiências de água pluvial no meio urbano. Campos *et al*. (2004) citam a construção de uma residência na cidade de Ribeirão Preto (Figura 3.5), onde a água de chuva é usada para a descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagens de pisos, passeios e automóveis.

Figura 3.5 – Residência em Ribeirão Preto com aproveitamento de água pluvial.

Fonte: Fornecida por André Texeira Hernanes

Outro uso intenso para a água pluvial tem sido na região semi-árida do Nordeste brasileiro. Essa região sofre bastante com crises históricas do abastecimento, devido à escassez de recursos hídricos. Além da baixa precipitação, existe também o problema da alta evaporação nesta região (REBOUÇAS, 2001). O armazenamento das precipitações nessa região tem sido feito em cisternas de placas de cimento (Figura 3.6) construídas através do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais, e assim, tem-se amenizado o problema do semi-árido.

Figura 3.6 – Cisterna de placa de cimento.

Fonte: MOC (2006)

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2006), o Programa 1 Milhão de Cisternas busca garantir a um milhão de famílias rurais mais carentes (quase sempre dispersas) a superação de suas carências de água potável e, mais do que isso, por meio de processos educativos, contribuir para a emancipação da cidadania e ao fortalecimento do capital e energias sociais já em incipiente mobilização. O objetivo do programa é contribuir com o processo educativo e de transformação social, gerenciado pela sociedade civil, visando à preservação, ao acesso, ao gerenciamento e à valorização da água como um direito essencial da vida e da cidadania, ampliando a compreensão e a prática da convivência sustentável e solidária com o ecossistema do semi-árido. O P1MC abrange os estados da região Nordeste onde o clima semi-árido se apresenta com maior intensidade e, conseqüentemente, os efeitos das secas são mais danosos à população sertaneja: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí, e mais, o Norte do Estado de Minas Gerais e Noroeste do Espírito Santo. A área de abrangência desse projeto demonstrativo compreende 1.012 municípios e uma população rural de 8.300.000 habitantes (Figura 3.7).

Esses relatos de experiências bem sucedidas de aproveitamento de água pluvial mostram a diversidade dos sistemas e a flexibilidade da técnica, podendo ser utilizada em um grande número de casos.

Com o desenvolvimento dos sistemas públicos de abastecimento, o aproveitamento de água pluvial foi entrando em desuso, ficando a sua utilização mais restrita a regiões onde essa era a única fonte de água disponível. Demorou séculos e graves problemas nos

abastecimentos precisaram surgir para que se voltasse a dar maior importância a essa fonte de abastecimento.

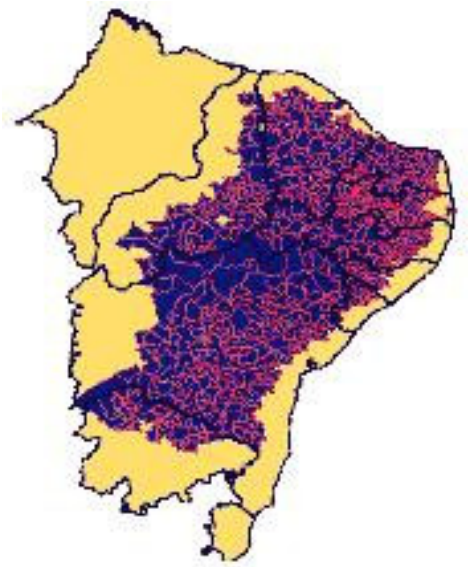


Figura 3.7 – Área de abrangência do Programa um milhão de cisternas.

Fonte: ANA (2006)

O crescimento populacional, que provocou o aumento na demanda por água, foi responsável também por uma maior impermeabilização do solo urbano, contribuindo para aumentar os problemas de drenagem urbana. Com isso, o evento "chuva" que poderia ser visto como alívio para crises de abastecimento começou a causar sérios problemas no meio urbano.

Existe uma grande diversidade de técnicas para a captação e aproveitamento de água pluvial. Percebe-se que os sistemas antigos eram tecnologicamente simples. Entretanto, com o passar dos anos essas técnicas foram sendo aprimoradas a fim de fornecer, para o consumidor final, uma água de melhor qualidade. Hoje, a opção pelo tipo de sistema se dá principalmente pela quantidade de recursos disponíveis e pelo uso para o qual se destina a água. Em países subdesenvolvidos os sistemas são, comumente, mais simples. Já nos países desenvolvidos, encontram-se sistemas mais sofisticados, com desinfecção através de luz ultravioleta e filtro de carvão ativado, entre outros.

O custo do reservatório é preponderante em dois aspectos: através de seu custo inicial, que representa uma parcela significativa do investimento total, e através do custo unitário da água, que diminui à medida que a durabilidade deste aumenta.

Segundo Iwanami (1985), a viabilidade da construção de um sistema de captação de água de chuva está submetida a pelo menos uma das seguintes situações:

1. Alta precipitação anual;
2. Problemas no abastecimento de água potável;
3. Altos preços da água potável;
4. Restrições impostas pelo poder público devido a impermeabilização.

Outro fator a considerar é o impacto cultural trazido pela utilização da água pluvial. A rejeição ou a aceitação pela população local do uso desse tipo de água é fundamental para o sucesso ou não de um projeto. Se ocorrer rejeição, uma campanha de conscientização e de educação pode resolver o problema (GOULD & NISSEN-PETERSEN, 1999).

3.2 Qualidade das águas pluviais

Uma questão que traz preocupações na implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é a qualidade da água obtida, principalmente se esta água for para atender todas as necessidades domésticas.

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

1 – Qualidade da água antes de atingir o solo;

2 – Depois de precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada e correr pelo telhado;

3 – Qualidade da água quando esta é armazenada em um reservatório e é alterada à medida que depositam-se elementos sólidos no fundo da mesma e a água está pronta para utilização;

4 – No ponto de consumo.

Normalmente, a água pluvial apresenta boa qualidade sendo bastante pura, devido principalmente ao processo de “destilação natural” que a mesma sofre. Esta destilação natural está ligada ao ciclo hidrológico, aos processos de evaporação e condensação. Entretanto, a composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, estação do ano, etc). Em áreas como centros urbanos e pólos industriais, a chuva pode apresentar poluentes, como o dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio (GOULD & NISSEN-PETERSEN, 1999). De um modo geral, o pH da água varia entre 5,8 e 8,6 (GROUP RAINDROPS, 2002).

Na elaboração de projeto para captação de água de chuva, diversos procedimentos devem ser adotados para garantir a qualidade da água do ponto de vista bacteriológico. Um projeto no qual a manutenção e limpeza do reservatório e da área de captação seja facilitada será um projeto que preserva a qualidade da água pluvial. Cisternas que evitam o contato direto de seres humanos e animais com a água, utilização de equipamentos que descartem a primeira água precipitada, podem garantir essa "segurança sanitária".

A lavagem inicial da área de captação e das calhas é de grande importância para garantir a qualidade da água. Yaziz *et al.*, *apud* Tordo (2004) analisaram a quantidade de coliforme termotolerantes (ufc) na água pluvial. No primeiro litro a quantidade variou entre 4 e 41 ufc/100 ml, enquanto que no quarto e no quinto litro essas bactérias estavam ausentes em todas as amostras realizadas.

Vaccari *et al.* (2005) analisaram a qualidade da água de chuva na região metropolitana de Vitória – ES em duas etapas. A caracterização da água da chuva na primeira etapa foi realizada com amostras de dois pontos, sendo um da precipitação livre e outro do telhado sem que fosse retido qualquer material presente no mesmo. Na segunda etapa de caracterização foram coletadas amostras de chuva em três pontos, sendo eles antes de atingir o telhado (precipitação livre), no reservatório de primeira chuva e na cisterna após passar por um filtro de tela. Segundo os autores, na primeira etapa de caracterização da água da chuva verificou-se a diferença entre as amostras de precipitação livre e as amostras de água do telhado. A primeira sofreu influência apenas da deposição úmida de materiais, já a segunda, além da deposição úmida promovida durante a chuva, sofreu também da deposição seca de materiais que ocorreu durante o período de estiagem. Sendo assim, pode-se dizer que as amostras da precipitação livre possibilitam caracterizar os materiais e contaminantes presentes na atmosfera e as amostras do telhado caracterizam todo o material em deposição sobre o mesmo acrescido dos materiais presentes na atmosfera trazidos pela chuva. O resultado desta etapa encontra-se na Tabela 3.1, a qual apresenta os valores médios, mínimos e máximos, o número de amostras e o desvio padrão dos parâmetros analisados tanto para a amostra da precipitação livre quanto para a amostra do telhado. Os resultados da 2ª etapa de caracterização da água da chuva estão ilustrados nas Figuras 3.8a, 3.8b e 3.8c a seguir, onde comprova-se o descrito na literatura, que a primeira chuva é realmente mais poluída pois a mesma é responsável por lavar tanto a atmosfera quanto a superfície de captação da mesma.

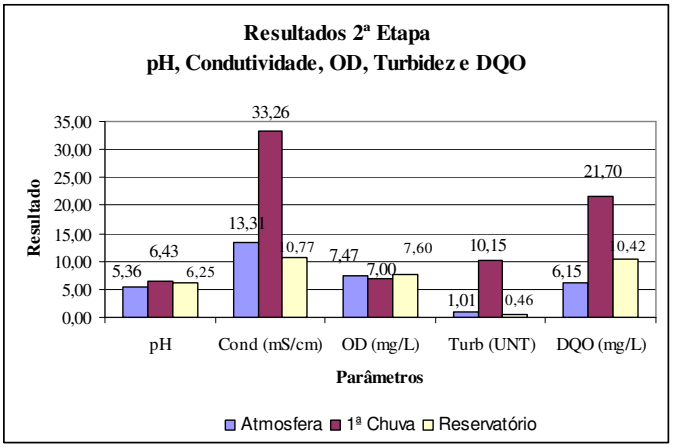


Figura 3.8a – Resultado das análises da 2ª etapa de caracterização da água da chuva.

Fonte: Vaccari *et al*. (2005)

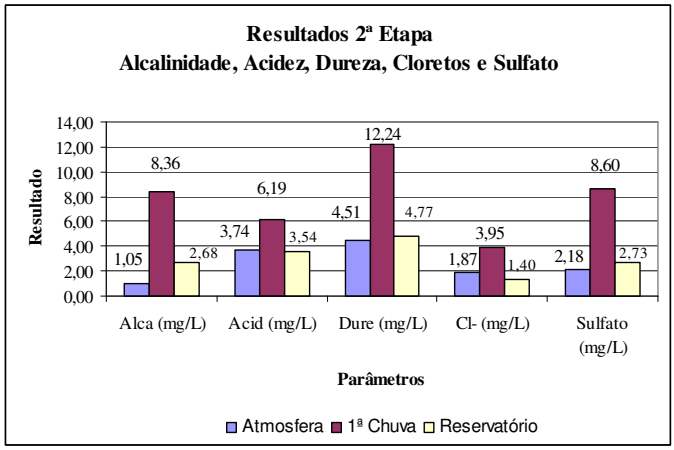


Figura 3.8b – Resultado das análises da 2ª etapa de caracterização da água da chuva.

Fonte: Vaccari *et al*. (2005)

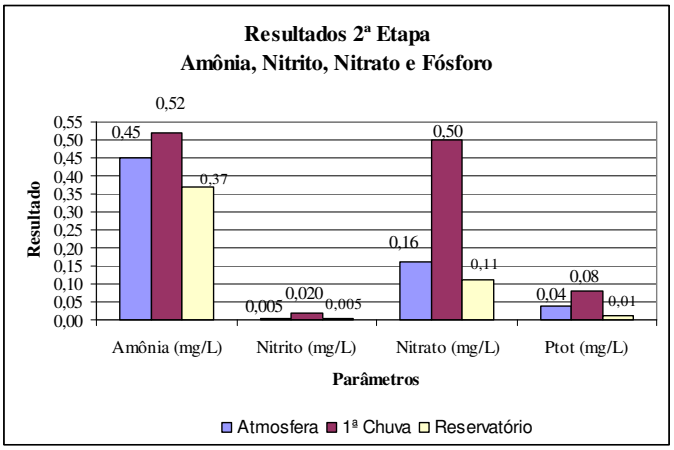


Figura 3.8c – Resultado das análises da 2ª etapa de caracterização da água da chuva.

Fonte: Vaccari *et al*. (2005)

Tabela 3.1 – Resultado das análises da 1ª etapa de caracterização da água da chuva.

Parâmetros	Unidade	Precipitação livre					Telhado					Portaria Nº 518/04 MS (VMP)	Resolução CONAMA Nº 357/05 (Classe 2)
		n	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo	Des. Padrão	n	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo	Des. Padrão		
T	ºC	25	23	18	26	2	20	22	18	25	2	-	-
pH	-	18	6,66	4,7	8,32	1,06	18	6,87	5,61	9,18	0,84	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Condutividade	µS/cm	23	48,9	11	116	30,5	19	98,2	26	261	67,5	-	-
OD	mg/L	10	7,2	4,4	9,8	1,3	13	7,5	4,7	9,9	1,4	-	> 5 mg/L
Turbidez	UNT	17	2	0,2	9,8	2,4	17	12,3	0,8	41,5	12,2	5,0 UT	100 UT
DBO	mg/L	7	6,9	1,7	29	9,8	9	6,4	1	27	7,9	-	5 mg/L
DQO	mg/L	21	10,1	0	34,8	9,3	16	29,5	4,9	79,2	23,9	-	-
Alcalinidade	mg/L	6	5,4	0,1	18,3	6,8	16	18,5	6,9	37,5	9,8	-	-
Acidez	mg/L	16	4	2,2	6,4	1,4	15	7,5	1,7	28,6	6,7	-	-
Dureza	mg/L	16	12,8	4,8	39,5	10,9	15	25,1	6,7	98,8	23,4	500 mg/L	-
Cloretos	mg/L	16	5,7	0,5	25,1	6,5	14	14,5	0	54,4	17,6	250,0 mg/L	250,0 mg/L
Nitro. Amoniacal (N_NH_3)	mg/L	16	0,673	0,2	1,689	0,365	16	0,478	0,273	0,845	0,15	1,5 mg/L	3,7 mg/L
Nitrito ($N_NO_2^-$)	mg/L	15	0,014	0,003	0,037	0,009	15	0,036	0,009	0,121	0,035	-	1,0 mg/L
Nitrato (N_NO_3-)	mg/L	15	0,317	0,062	0,924	0,273	14	0,44	0,018	0,852	0,28	-	10,0 mg/L
Fósforo total	mg/L	16	0,065	0,007	0,252	0,076	15	0,15	0,002	0,347	0,1	-	0,05 mg/L
Sulfato	mg/L	13	5,8	1,2	15,2	3,6	14	13,3	1,2	48,6	13,5	250,0 mg/L	250,0 mg/L
E. Coli	NMP/100 ml	0	-	-	-	-	6	3,3E-01	0,0E+00	2,0E+00	8,2E-01	Ausência em 100 ml	-
Coli. Termot.	NMP/100 ml	4	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	18	9,1E+00	0,0E+00	5,0E+01	1,4E+01		< 1.000 NMP/100 ml
Coli. Total	NMP/100 ml	0	-	-	-	-	6	3,8E+01	3,0E+00	1,5E+02	5,6E+01		-
SST	mg/L	11	26,1	6,0	81,0	21,0	10	117,1	30,0	303,0	89,7	-	-
ST	mg/L	11	111,7	16,0	245,0	64,9	10	4182,6	50,0	29833,0	9871,7	-	-

Fonte: Vaccari *et al*. (2005)

Para a maioria dos parâmetros analisados os valores médios encontrados por Vacarri *et al*. (2005) nas amostras de água de chuva coletadas após o contato com o telhado são maiores do que aqueles encontrados para as amostras de precipitação livre (sem o contato com o telhado), e dentre os elementos químicos o que apresentou maior valor foi o cloreto, o que pode ser explicado pela proximidade da região de coleta do mar e de grandes indústrias. Constatou-se também que os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos e que realizando o seu descarte, a água a ser armazenada apresenta boa qualidade, e sendo assim, pode ser utilizada para fins não potáveis. Os resultados microbiológicos apresentados no estudo estão abaixo do limite máximo estabelecido na Resolução CONAMA nº575/05 para corpos d'água classe 2 (VACCARI *et al*., 2005).

A qualidade da água pluvial a ser utilizada deve, sempre que possível, ser analisada. Deverão ser atingidos padrões mínimos necessários para o uso ao qual ela se destina. Esses parâmetros podem ser divididos em: físicos, químicos e biológicos (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Moreira (2001) estabelece alguns desses parâmetros para o estudo de água utilizada em descargas. Dentre os parâmetros físicos citados o odor, a cor e a turbidez. Dentre os químicos, pH, micropoluentes orgânicos (tensoativos), sólidos suspensos, DBO, cálcio e magnésio. E, por último, dentre os parâmetros biológicos os coliformes totais e termotolerantes.

No Brasil, a característica da qualidade da água de chuva foi analisada em diversos estados. Os principais parâmetros estudados foram pH, Cl^-, $SO^2{}_4{}^-$. $NO_3{}^-$, $NH_4{}^+$, K^+, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, H^+. O Quadro 3.1 apresenta os locais de estudos nos diversos estados do Brasil e os parâmetros analisados. Os resultados mostram que as chuvas são levemente ácidas. Em Cubatão – SP, o pH foi da ordem de 3,60, enquanto na Região Metropolitana de São Paulo o pH foi de 4,77 e 6,20.

Em Pedras Altas, no Rio Grande do Sul, na interpretação da caracterização da precipitação realizada por Migliavacca *et al*. (2004), destaca-se a influência das fontes antrópicas. Os resultados são relacionados a várias fontes, tais como o solo, os sais do mar, agricultura, queimadas de biomassas e queima de carvão, devido à Companhia de Pesquisa e Lavra Mineral.

No Parque Nacional de Itatiaia - Rio de Janeiro, particularmente na parte mais baixa, as amostras apresentam emissões de gases de $SO^2{}_4{}^-$. $NO_3{}^-$, e pH de 4,9, devido principalmente à proporção elevada de sal marinho (MELLO & ALMEIDA, 2004).

Quadro 3.1 – Parâmetros encontrados na análise da água de chuva em diversas localidades do Brasil.

Local	**Parâmetros**									
	pH	**Cl^- mg/L**	**$SO^2_4{}^-$ mg/L**	**NO_3^- mg/L**	**NH_4^+ mg/L**	**K^+ mg/L**	**Ca^{2+} mg/L**	**Na^+ mg/L**	**Mg^{2+} mg/L**	**H^+ mg/L**
Pedras Altas – RS Fonte: Migliavacca *et al*. (2004)	4,98	1,35	0,99	0,89	0,45	0,51	0,72	0,72	0,13	0,01
Parque Nacional Itatiaia – RJ Fonte: Mello & Almeida (2004)	4,94	0,18	0,74	0,73	0,42	0,05	0,09	0,09	0,03	0,01
Rio Curumbataí – SP Fonte: Conceição & Bonotto (2004)	5,50	2,20	2,20	4,50		0,26	8,85	0,97	0,79	
Região Metropolitana de SP Fonte: ROCHA *et al*. (2003)	6,20	1,03	1,63	1,36	0,50	0,23	0,92	0,28		
Região Metropolitana de SP Fonte: Fornaro & Gutz (2003)	4,77	0,03	0,83	0,97	0,50	0,14	0,22	0,08	0,04	0,02
Região Metropolitana de Porto Alegre Fonte: Luca *et al*. (1991)	5,50	4,20		0,45		0,66	0,95		0,81	
Cubatão – SP Fonte: Abbas (1989)	3,60	7,71	7,67		1,25	0,58	4,32	3,62	1,00	

Fonte: Adaptado de Tordo (2004)

A Bacia do rio Corumbataí, São Paulo, tem sérios problemas ambientais em termos da qualidade da água da chuva, devido às ações antrópicas, pois o rio recebe elementos e componentes como K^+, $SO^2_4{}^-$, sendo o potássio considerado de maior concentração (CONCEIÇÃO & BONOTTO, 2004).

Na Região Metropolitana de São Paulo, o valor de Nitrato e Sulfato em concentrações menores tem relação com um programa de redução da emissão do SO_2 (redução do enxofre no óleo e na gasolina, no uso do etanol hidratado). O Na^+ e os cloretos derivam dos ventos marinhos da costa, como também de possíveis contribuições da poeira de crosta e emissões antrópicas (ROCHA *et al*., 2003).

O estudo realizado na Região Metropolitana de São Paulo, por Fornaro & Gutz (2003), mostra a contribuição elevada de reações fotoquímicas, como a formação de formaldeídos na atmosfera, favorecida pela irradiação solar e a participação do etanol como combustível ou um aditivo antioxidante para a gasolina.

Segundo Luca *et al*. (1991), a Região Metropolitana de Porto Alegre apresenta significante ocorrência de chuva química e ácida, devido à descarga dos carros e à combustão de carvão mineral e óleos com altos teores de Cl^- e $SO^2{}_4{}^-$.

No Centro de Cubatão – SP os resultados obtidos por Abbas (1989) mostraram que as chuvas em diversos bairros são diferentes segundo a natureza iônica da água, associada às atividades antrópicas locais, como a queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão), fábricas de papel, fábrica de ácido sulfúrico, incineração de resíduos, e também à contribuição natural oceânica.

Jaques *et al*. (2005) avaliaram a qualidade da água pluvial na cidade de Florianópolis – SC. As amostras foram coletadas em 4 diferentes pontos: P1 - coleta direta da chuva, sem interferência de telhados ou qualquer tipo de superfície (Figura 3.9); P2 - após passar por telhado de cimento amianto (Figura 3.10); P3 - após passar por telhado cerâmico (Figura 3.11) e P4 - reservatório inferior (Figura 3.12). As coletas foram realizadas no período de julho de 2004 a janeiro de 2005.

Figura 3.9 – Dispositivo usado na coleta direta.

Fonte: Jaques *et al*. (2005)

Figura 3.10 – Residência de telhado de amianto onde foi realizada a coleta das amostras.

Fonte: Jaques *et al*. (2005)

Figura 3.11 – Residência de telhado cerâmico onde foi realizada a coleta das amostras.

Fonte: Jaques *et al*. (2005)

Figura 3.12 – Reservatórios inferiores.

Fonte: Jaques *et al*. (2005)

De cada pondo de coleta foram obtidas quatro amostras (no início da chuva e passados 10, 30 e 60 minutos do início da mesma). Os resultados obtidos após a coleta foram comparados com os estabelecidos pela Portaria N.º 518/04 do Ministério da Saúde. A Tabela 3.2 apresenta a média dos resultados para cada parâmetro avaliado. Os valores em vermelho identificam os parâmetros em desacordo com a Legislação. A turbidez e a cor apresentaram-se ligeiramente superiores aos limites máximos permitidos. Destaca-se que os valores utilizados para esta comparação foram as médias dos resultados. Após um período de 60 minutos a qualidade da água de chuva em relação a turbidez e a cor atendem os limites impostos pela Portaria mencionada.

A literatura mostra diferentes resultados de avaliação da qualidade da água da chuva. Enquanto alguns autores concluíram que a água da chuva que cai na superfície dos telhados é poluída (ZILLICH, 1991; LESCHBER *et al*., 1991; GOOD, 1993), outros autores encontraram um baixo potencial de poluição associado à mesma (SHINODA, 1990; KREJCI *et al*., 1990).

Tabela 3.2 – Média dos resultados obtidos e comparação com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Parâmetro	**Unidade**	**P2**	**P3**	**P4**	**Portaria Nº 518/04**
Alumínio	mg/L	0,01	0,00	0,00	0,2
Amônia (NH_3)	mg/L	0,83	0,90	0,68	1,5
Cloreto	mg/L	11,92	10,90	13,95	250
Escherichia coli	NMP/100mL	$6,14x10^2$	$2,96x10^2$	$1,31x10^2$	Ausência
Coliformes totais	NMP/100mL	$1,40x10^3$	$1,79x10^3$	$2,49x10^3$	Ausência
Cor aparente	mg PtCo/L	30,04	21,07	5,00	15
Dureza	mg/L $CaCO_3$	38,43	16,37	11,78	500
Ferro	mg/L	0,49	0,21	0,02	0,3
Odor	-	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável
Gosto	-	Não objetável	Não objetável	Não objetável	Não objetável
pH	-	7,35	6,49	5,13	6,0 – 9,5
Turbidez	UT	8,68	8,24	4,70	5,00

Fonte: Adaptado de Jaques *et al.* (2005)

3.3 Elementos componentes de um sistema de aproveitamento de água de chuva

Existe uma diversidade de sistemas de aproveitamento de água pluvial, a escolha do tipo a ser utilizado dependerá de cada situação apresentada. Em alguns casos, os recursos serão escassos e a água pluvial será a única fonte de água disponível, como é o caso no semi-árido nordestino. Já em outros casos, essa água pluvial atenderá a demanda dos serviços em que não é necessária a utilização de água potável. A decisão correta do sistema utilizado poderá economizar alguns recursos financeiros tornando o sistema mais atrativo.

Para que isso seja possível, é necessário o conhecimento dos elementos constituintes desses sistemas. Entende-se que os elementos constituintes de um sistema de aproveitamento de água pluvial compõem-se dos elementos essenciais e dos acessórios. Os componentes essenciais serão aqueles elementos que estarão presentes em qualquer tipo de sistema,

independente dos recursos necessários para construí-lo. São eles a área de captação, as calhas e condutos verticais e o reservatório de armazenamento.

Área de captação é aquela onde ocorre toda a coleta da água. É a partir dela que será determinada a quantidade de água possível de ser captada e aproveitada. É o primeiro elemento no qual a precipitação entrará em contato. Por ser externa, estará sempre vulnerável à contaminação de diversas origens, como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, pequenos animais e seus excrementos, entre outros contaminantes. Devido a esta condição, deve-se ter sempre o cuidado com a manutenção e limpeza e em sua operação, descartar sempre os primeiros milímetros da água pluvial em cada chuva após estiagem mais prolongada, sendo este processo geralmente realizado utilizando-se um reservatório de volume conhecido. Na Flórida para cada 100 m² de superfície de captação elimina-se 40 litros de chuva (VACCARI, 2005). Segundo Dacach (1990) *apud* Vaccari (2005), o reservatório de primeira chuva deve ter capacidade para armazenar de 0,8 a 1,5 L/m² de área de captação. Em Guarulhos elimina-se 1mm de chuva, ou seja, 1 L/m². Os reservatórios de remoção de primeira chuva também são conhecidos como reservatórios de auto-limpeza.

A captação poderá ocorrer em telhados, superfícies pavimentadas, rochas, etc. Gould & Nissen-Petersen (1999) classificam os sistemas em função do tipo de captação utilizada. Dessa forma, pode-se classificá-los em:

- Sistema de captação de água pluvial através de pisos pavimentados: permite captar uma grande quantidade de água, embora esta água possa não apresentar uma boa qualidade pois está sujeita a fontes de contaminação como animais, veículos, etc.
- Sistema de captação de água pluvial através de represas: resulta em uma grande quantidade de água e pode apresentar desvantagens ambientais e econômicas. Do lado ambiental, a construção de represas pode fazer com que largas áreas sejam desmatadas, degradando, em muitos casos, a fauna e flora da região. Do ponto de vista econômico, além do valor da obra, o fato dessas áreas se localizarem distantes dos grandes centros, fazem com que os custos com transporte sejam elevados.
- Sistema de captação de água pluvial através de coberturas: é o mais utilizado, principalmente por estar livre de diversos poluentes. Quando se falar de sistemas de aproveitamento de água pluvial, entender-se-á, neste trabalho, um sistema de captação por coberturas.

Entretanto, a coberta pode ser de materiais diversos, dentre eles: telhas cerâmicas, de zinco, concreto armado, fibrocimento, plásticos, etc. Os telhados podem ser planos, inclinados

e pouco inclinados. A escolha do material adequado é importante para a sua eficiência, através do coeficiente de *runoff*, além de contribuir para a qualidade da água captada. Entende-se como coeficiente de *runoff* o quociente entre o volume de água que escoa superficialmente e o total precipitado.

A Tabela 3.3 apresenta uma comparação entre os diversos tipos de materiais constituintes das telhas com suas vantagens e desvantagens segundo o *Domestic Roofwater Harvesting Programme* da Universidade de *Warwick* (WARWICK, 2006).

Tabela 3.3 – Coeficientes de *runoff* e características dos tipos de telhado.

Tipos	**Coeficiente de *runoff***	**Notas**
Folhas de ferro galvanizado	>0,9	Excelente qualidade da água. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,6 – 0,9	Se vitrificada apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,8 – 0,9	Folhas novas podem dar boa qualidade a água. Não existe nenhuma evidência que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por ela. Levemente porosas, que diminui o coeficiente de *runoff*. Quando velhas, podem apresentar lodos e rachaduras.
Orgânicos (Sapê)	0,2	Qualidade fraca (> 200 CF/100 ml). Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à matérias orgânicas dissolvidas que não decantam.

Fonte: Warwick, 2006

Fendrich (2002) faz um levantamento desses índices, conforme Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Coeficientes de *runoff* das áreas de coleta.

Material	**Coeficiente de *runoff***
Telhas cerâmicas	0,8 – 0,90
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,9 – 0,95
Telhas de cimento amianto	0,7 – 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,8 – 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,7 – 0,80
Lajotas e blocos de granito	0,9 – 0,95
Pavimentos de concreto	0,8 – 0,95
Pavimentos de asfalto	0,7 – 0,90

Fonte: Fendrich (2002)

As calhas e os condutores são componentes indispensáveis para a captação de água de chuva. Podem ser de PVC ou metálicas. As calhas e condutos verticais deverão ser dimensionados de acordo com a NBR 10.844 (ABNT, 1989) de forma a evitar perdas significativas do volume precipitado. Deve-se procurar garantir que não entrem no reservatório elementos indesejáveis que possam prejudicar a qualidade da água presente neste (roedores e cobras).

Diversos tipos de calhas podem ser instaladas. A Figura 3.13a ilustra uma calha instalada em beiral; a Figura 3.13b ilustra a calha instalada em platibanda e a Figura 3.13c ilustra a calha instalada no encontro das águas do telhado (água-furtada).

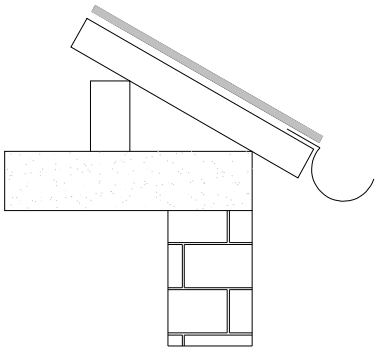


Figura 3.13a – Calha de beiral.

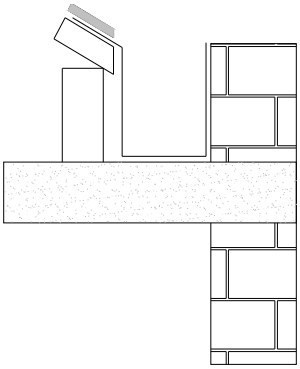


Figura 3.13b – Calha de platibanda.

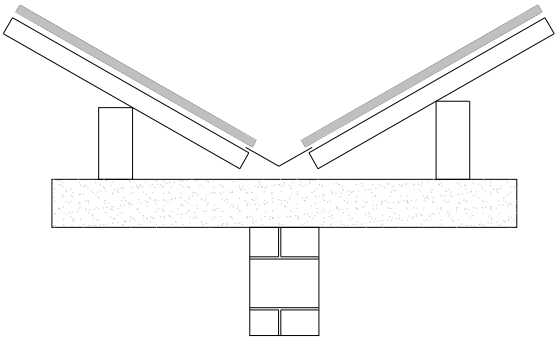


Figura 3.13b – Calha água-furtada.

O reservatório para armazenamento da água de chuva é elemento essencial em um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais. É o componente mais importante do ponto de vista econômico, sendo responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema, além de ser um dos principais responsáveis pela qualidade da água no ponto de consumo. De acordo com Tomaz (2003) os reservatórios podem estar apoiados, enterrados (não ocupando área) ou elevados. Podem ser de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc. Os reservatórios devem ser dimensionados para evitar perdas por cheias ou falta d'água por dimensões inferiores à necessária.

3.4 Aceitação social

A aceitabilidade da população é outro fator que deve ser considerado. Um estudo feito por Braga & Ribeiro (2001) listou em ordem de preferência 13 alternativas para o gerenciamento da demanda de água a fim de minimizar o problema de abastecimento d'água em núcleos urbanos: captação de água de chuva, vasos de descarga reduzida (6 L/descarga), sistema de reúso de água residencial, sistema de reúso de água industrial, controle de vazamentos na rede pública, controle de vazamentos na edificação, medição individualizada em edifícios, legislação que induza o uso racional, tarifação de água tratada que estimule o uso eficiente da água, outorga dos direitos de uso da água, cobrança pelo uso da água, ação combinada outorga + cobrança + tarifa com 10% de aumento, programas de educação ambiental de gerenciamento da demanda. A pesquisa revelou que, para a cidade de Campina

Grande – PB, a utilização da água de chuva não está entre as opções mais desejáveis como uma das alternativas.

Para obter este resultado foram realizadas entrevistas com representantes de três grupos da sociedade: o poder público (Governo Federal, Estadual e Municipal), os usuários da água bruta (Companhia de abastecimento, CAGEPA, e Federação das Indústrias da Paraíba, FINEP) e a sociedade civil.

As alternativas foram ordenadas das mais desejáveis para as menos desejáveis. Os resultados mostram que a "captação de água de chuva" situa-se, para o caso do grupo poder público e sociedade civil, em nono lugar em uma ordem de preferência de 1 à 13. A ordem número 9 dada à "captação de água de chuva" mostra que ela não é das mais aceitas pelos que constituem aqueles grupos.

O grupo usuários apresentou um ordenamento mais diferenciado. Para este grupo, a "captação de água de chuva" surge em segunda posição juntamente com ações como cobrança pelo uso da água, sistemas de reúso – industrial, vaso de descarga reduzida e controle de vazamento na edificação.

Segundo Braga & Ribeiro (2001) quando avalia-se o grupo decisor como um todo (isto é, quando são condensadas as informações de todos os 3 grupos), a alternativa situa-se na décima posição (isto é, pertence a categoria das 4 ações menos desejáveis).

Os resultados mostram que a alternativa não se apresenta entre as mais desejáveis para a maioria dos entrevistados. Entre as razões para isto está a concepção de que a alternativa é mais apropriada para o meio rural e a preocupação com o nível da qualidade da água de chuva armazenada nos reservatórios.

Deve ser considerado que os resultados apresentados naquele artigo estão vinculados à metodologia adotada na pesquisa. Os entrevistados possuíam 13 alternativas para serem avaliadas através de 5 critérios (além da avaliação global). Isto implica em que a avaliação sobre uma ação esteve condicionada à existência de mais outras 12 possibilidades. Outro aspecto a considerar é o nível de informação que foi oferecido sobre as alternativas aos entrevistados. Estas informações se concentraram no custo e na provável redução de consumo derivada da implantação da alternativa. Um grau maior de detalhamento destas informações e o acréscimo de outras poderiam gerar alguma mudança nos resultados.

3.5 Viabilidade econômica

Considerando-se que a implantação de um determinado projeto não 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.

Os métodos, ou indicadores, empregados na análise econômica de captação de águas pluviais nesta dissertação estão embasados na determinação dos custos e benefícios envolvidos em um projeto desse tipo. Os indicadores empregados na viabilidade econômica foram:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- Relação Beneficio/Custo (B/C);
- Tempo de Retorno do Capital (TRC).

3.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)

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.

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:

$$\text{VPL} = \text{Benefícios} - \text{Custos} \tag{3.1}$$

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.

3.5.2 Relação Benefício/Custo

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.

Os benefícios 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 beneficio indireto desses projetos.

Os benefícios tangíveis são 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).

Os custos envolvidos nos projetos de saneamento são divididos em 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 utilizada na análise (mensal ou anual).

3.5.3 Tempo de retorno de capital

Segundo Gomes (2005), são dois os indicadores do Tempo de Retorno de Capital (TRC): o TRC não descontado e o TRC descontado.

O tempo de retorno não descontado é o período de tempo (meses ou anos) necessário para o retorno do investimento inicial, sem se levar em conta as taxas de juros e de aumento das grandezas monetárias durante a análise do projeto. O valor do TRC indica quanto tempo é necessário para que os benefícios se igualem ao custo de investimento. O tempo de retorno descontado é o número de período que zera o VPL do projeto, levando-se em conta a taxa de juros e de aumento das parcelas incidentes.

A análise do 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.

4 METODOLOGIA

Todo e qualquer trabalho de investigação científica necessita confrontar teorias com dados de experimentação ou de observação. É através da definição da metodologia da pesquisa que se delineiam o método de estudo e as técnicas a serem utilizadas pelo pesquisador.

Nesta perspectiva, este capítulo expõe o caminho através do qual se chegou à realização de toda a pesquisa, na busca de atingir os objetivos especificados por este trabalho de dissertação.

4.1 Levantamento da oferta pluviométrica

Os dados diários de precipitação utilizados na presente dissertação foram obtidos da Rede Hidroclimatológica do Nordeste, através do site da Agência de Desenvolvimento do Nordeste – ADENE – (Posto SUDENE). As características do posto pluviométrico utilizado são apresentadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Características do posto pluviométrico utilizado.

Posto	**Latitude**	**Longitude**	**Dados disponíveis de precipitação**	**Total de anos**
SUDENE	07º07'S	34º53'W	1912 – 1931 1937 – 1969	53

4.2 Levantamento da demanda de água

Segundo Brow (1986); Caldwell (1986) *apud* Tomaz (2000), na estimativa do consumo interno em uma residência, o vaso sanitário é o aparelho que consome maior volume de água, cerca de 35% do consumo total. O segundo equipamento que consome maior volume é a máquina de lavar roupas, que corresponde a 22% do consumo residencial. Na Tabela 4.1 é apresentada a estimativa de consumo interno residencial nos EUA.

Tabela 4.1 – Estimativa de consumo interno residencial nos EUA.

Consumo interno em uma residência	**Porcentagem de consumo em uma residência**
Vaso sanitário	35
Lavagem de roupa	22
Chuveiros	18
Torneiras	13
Banhos	10
Lavagem de pratos	2
Total	100

Fonte: Brow (1986); Caldwell (1986) *apud* Tomaz (2000)

Também de acordo com Syed (1994) *apud* Tomaz (2003), o vaso sanitário representa o maior consumo de água residencial, atingindo 41% do consumo total. Na Tabela 4.2 é apresentado o consumo de água para residências na Holanda.

Tabela 4.2 – Estimativa de consumo residencial para a Holanda.

Tipos de uso da água	**Porcentagem**
Descargas na bacia sanitária	41
Banho e lavagem de roupa	37
Cozinha – água para beber e cozinhar	2 a 6
Cozinha – lavagem de pratos	3 a 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)

Na Tabela 4.3 estão apresentados os padrões de consumo residencial de água nos Estados Unidos (TOMAZ, 2003). Para o Brasil, os dados são estimados. Segundo Creder (2006), o uso de água em gramados ou jardins é de 1,5 L/dia.m².

Tabela 4.3 – Estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo.

Uso externo	**Unidade**	**Consumo**	**Freqüência no mês**
Lavagem de carro	L/Lavagem.carro	150,00	2
Manutenção de piscina	L/dia.m²	3,00	8
Perda por evaporação em piscina	L/dia.m²	5,75	30

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

A Tabela 4.4 a seguir mostra o resultado de um monitoramento feito por Rocha *et. al* (1998) em um conjunto habitacional da CDHU (Cia. de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo), para população de baixa renda, localizado no bairro Jardim São Luiz, zona sul da cidade de São Paulo.

Tabela 4.4 – Perfil de consumo doméstico de água.

Pontos de utilização de água	**Consumo diário por habitação (L/dia.habitação)**	**Consumo (%)**
Bacia sanitária	24	5
Chuveiro	238	55
Lavadora de roupas	48	11
Lavatório	36	8
Pia	80	18
Tanque	11	3
Consumo total	437	100

Fonte: Rocha *et al.* (1998)

4.3 Dimensionamento do reservatório inferior

Um dos grandes problemas encontrados na implantação do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva é a determinação da capacidade do reservatório de acumulação. Os reservatórios inferiores para armazenamento de água de chuva foram dimensionados para três diferentes níveis sócio-econômicos: um popular (com área de

captação igual a 60m²), um médio (área de captação igual a 120 m²) e um terceiro de padrão alto (área de captação de 300 m²).

Os reservatórios inferiores foram dimensionados da seguinte maneira:

Reservatório inferior para o padrão popular: foram considerados alguns valores possíveis da capacidade do reservatório de acumulação, variando desde o máximo possível dimensionado para vinte dias de consumo, até um mínimo equivalente a dez dias de consumo da residência.

Reservatório inferior para os padrões médio e alto: foram considerados alguns valores possíveis da capacidade do reservatório de acumulação, variando desde o máximo possível dimensionado pelo método de Rippl, até a um mínimo equivalente a dez dias de consumo da residência.

Existem duas maneiras de verificar o volume do reservatório através do método de Rippl, a saber: método analítico e método gráfico. Foi adotado o método analítico para o cálculo dos volumes dos reservatórios. O dimensionamento pelo método de Rippl foi escolhido por apresentar a vantagem de ser flexível com relação aos dados de entrada para o cálculo. Por exemplo, pode-se utilizar demanda constante ou demanda variável, chuva média mensal, chuva mensal ou chuva diária, bastando para isso verificar a disponibilidade de dados pluviométricos.

Os principais fatores que influenciam no dimensionamento do reservatório de água de chuva são: área do telhado; quantidade de água necessária para atender a demanda e definição do tipo de reservatório que será utilizado em termos de custos, recursos e métodos construtivos (MAY, 2004).

4.4 Identificação dos custos e benefícios econômicos do projeto

Como dito no capítulo anterior, os custos envolvidos em um projeto de captação de águas pluviais são divididos em duas categorias: custos de investimentos (divididos em custos diretos e indiretos) e custos de exploração. A seguir é explicado como cada um dos custos envolvidos foram determinados.

4.4.1 Custos de investimento direto

A - Reservatórios inferior e superior

Os custos dos reservatórios de acumulação (reservatório inferior) foram baseados nos preços de mercado para reservatórios pré-fabricados. Os volumes dos reservatórios com seus respectivos preços foram plotados em um gráfico (Figura 4.1), fornecendo a expressão do custo do reservatório em função do volume requerido. O volume adotado para o reservatório superior foi 0,5 m³.

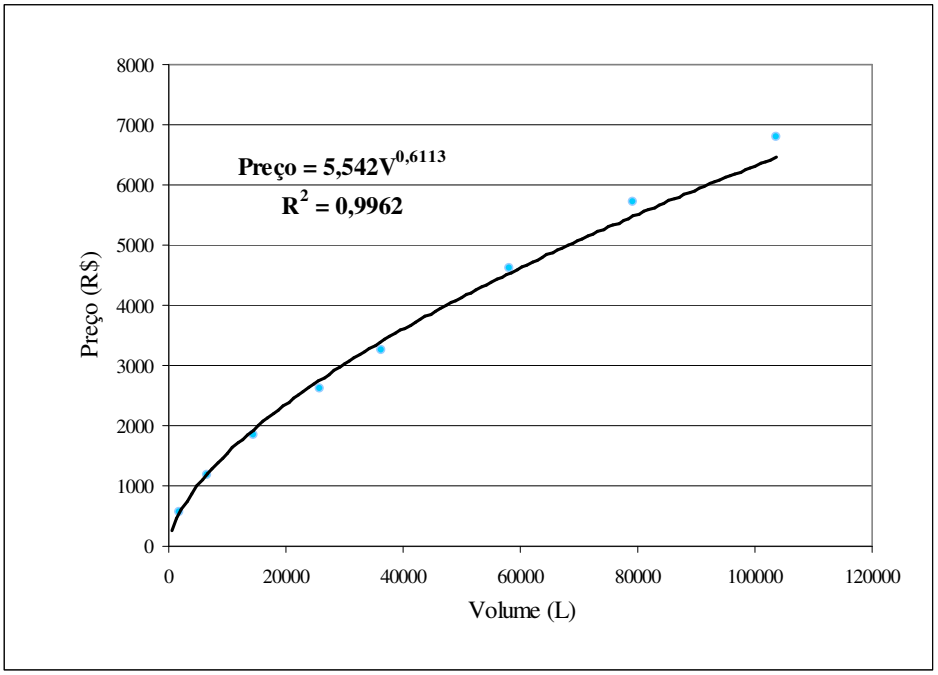


Figura 4.1 – Variação do preço do reservatório em função do volume requerido.

B – Tubulação e conjunto motor-bomba

Fez-se um levantamento médio dos gastos com tubulações, calhas e conexões e chegou-se a um valor de R$ 166,00 (cento e sessenta e seis reais).

Para recalcar água do reservatório inferior ao reservatório superior foi estabelecido um conjunto motor-bomba de 3/4 CV com um custo médio de R$ 450,00 (quatrocentos e cinqüenta).

C – Filtro de areia

O valor do filtro de areia varia de acordo com a vazão de projeto (Equação 4.1) e, portanto com o padrão de moradia. Este valor foi calculado após ser estabelecido: o tipo de filtração (rápida), taxa de filtração, igual a 180 m^3/m^2.dia para filtros de camadas simples, a espessura da camada filtrante (0,7 m) e a área do leito filtrante (Equação 4.2).

$$Q = 0{,}024 \cdot I \cdot A \tag{4.1}$$

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

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

A área de captação em m².

$$A_{LF} = \frac{Q}{T_x} \tag{4.2}$$

onde: A_{LF} é a área do leito filtrante em m²;

T_x a taxa de filtração.

Padrão popular

$$Q_P = 0{,}024 \cdot 140 \cdot 60 = 201{,}6 m^3 / dia$$

$$A_{LF} = \frac{201{,}6}{180} = 1{,}12 m^2$$

Padrão médio

$$Q_P = 0{,}024 \cdot 140 \cdot 120 = 403{,}2 m^3 / dia$$

$$A_{LF} = \frac{403{,}2}{180} = 2{,}24 m^2$$

Padrão alto

$$Q_P = 0{,}024 \cdot 140 \cdot 300 = 1008{,}0 m^3 / dia$$

$$A_{LF} = \frac{1008{,}0}{180} = 5{,}60 m^2$$

Considerando os filtros de seção quadrática, as dimensões estão apresentadas nas Figuras 4.2a, 4.2b e 4.2c.

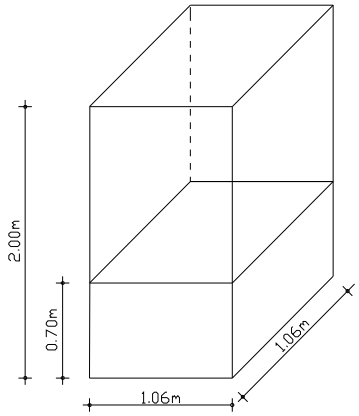


Figura 4.2a – Filtro de areia do padrão popular.

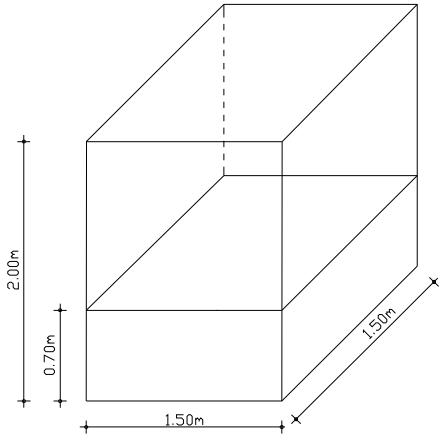


Figura 4.2b – Filtro de areia do padrão médio.

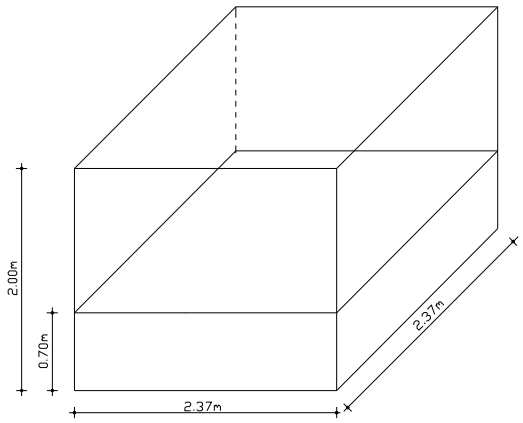


Figura 4.2c – Filtro de areia do padrão alto.

O filtro considerado foi de alvenaria que possui um custo de construção de 11,00 R$/m². O valor do m³ de areia, material filtrante, foi pesquisado apresentando um valor médio de 25,00 R$/m³. Assim, os custos totais dos filtros foram: R$ 125,05 (padrão popular), R$ 195,55 (padrão médio) e R$ 367,85 (padrão alto).

4.4.2 Custo de investimento indireto

A taxa de juros utilizada na análise econômica foi calculada através da média da variação da taxa de juros entre os anos de 2000 e 2006 do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para financiamento de projetos de saneamento ambiental e recursos hídricos (Figura 4.3).

A Taxa de juros (TJ) utilizada é calculada a partir da seguinte expressão (BNDES, 2006):

$$TJ = \text{Custo Financeiro} + \text{Remuneração do BNDES} + \text{Taxa de risco de crédito} \qquad (4.3)$$

onde o custo financeiro é dado pela Taxa de Juros de Longo Prazo – TJLP e tem período de vigência de um trimestre, a remuneração do BNDES é igual a 1,5 % ao ano e a taxa de risco de crédito igual a 1,0 % ao ano.

O valore médio encontrado foi igual a 12,39 % ao ano.

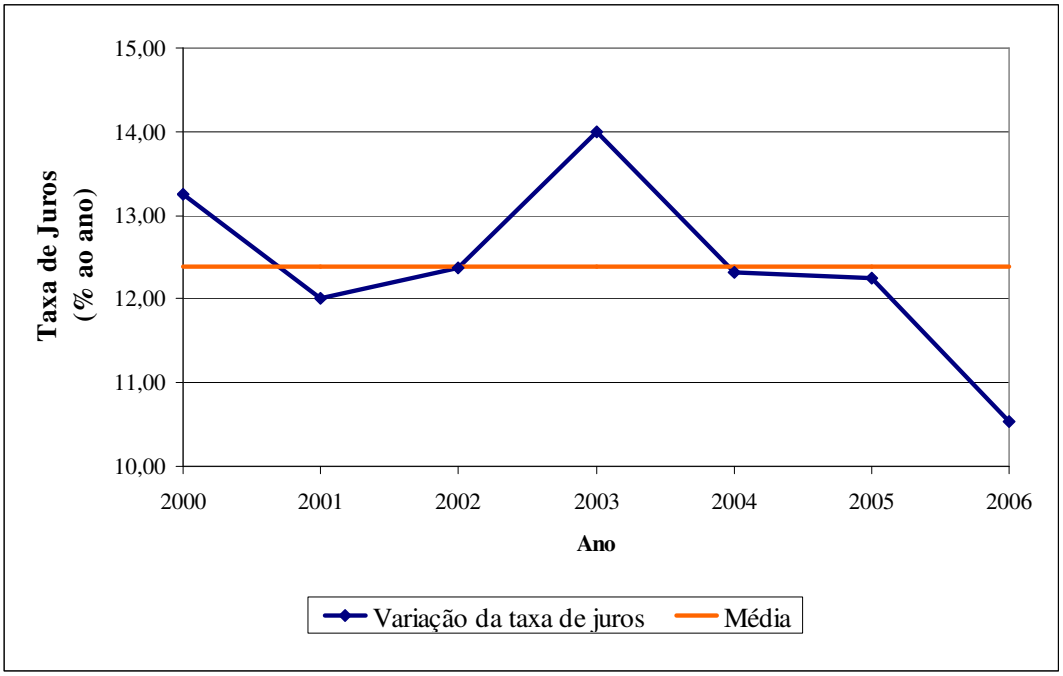


Figura 4.3 – Variação da taxa de juros entre os anos de 2000 e 2006.

4.4.3 Custos de exploração

Os custos de exploração envolvidos no projeto foram com: manutenção do sistema de captação, custos com a energia de bombeamento e com o volume de água comprado, em relação à opção do volume máximo do reservatório inferior.

A – Manutenção do sistema

Os custos com manutenção correspondem aos gastos com a conservação preventiva, a reposição de peças de instalação, a reparação de possíveis avarias, e foi estimado em 25,00 R$/ano.

B – Energia de bombeamento

O custo da energia de bombeamento, em valores monetários anuais, pôde ser determinado através da Equação 4.4, dada em função da energia requerida pela elevatória (*E*) e o custo unitário da energia (p):

$$C_{Energia} = E \times p \tag{4.4}$$

A energia requerida, em kWh, foi obtida diretamente na expressão (4.5):

$$E = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{3{,}6 \times 10^6 \cdot \eta} \tag{4.5}$$

onde *V* é o volume de água aproveitado em m³/ano, ρ é o peso específico da água, igual a 1000 kg/m³, *g* a aceleração da gravidade, igual a 9,81 m/s², *H* a altura manométrica (foi considerando diferentes valores para os diversos padrões de moradia. Para o padrão popular a altura manométrica utilizada foi 5,0m e 5,5m e 6,0m para os padrões médios e altos, respectivamente) e η o rendimento do conjunto motor-bomba, segundo Macintyre (1999) o valor de η varia de 30% a 80%. O rendimento considerado do conjunto foi de 50%.

Assim, o custo anual da energia de bombeamento será:

$$C_{Energia} = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{3{,}6 \times 10^6 \cdot \eta} \times p \tag{4.7}$$

O custo unitário da energia, em unidades monetárias por kWh, é estabelecido em conformidade com as tarifas cobradas pelas empresas concessionárias de energia elétrica. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL – (2005) as tarifas cobradas dos consumidores finais estruturam-se tanto por nível de tensão, como por classe de consumo. Para consumidores residenciais (tipo B1), em João Pessoa, o custo da energia, incluindo os impostos, é de 0,46 R$/kW, tomando como referência o período compreendido de janeiro a agosto de 2006.

4.4.4 Benefícios econômicos

O beneficio econômico considerado foi o valor da quantidade de água aproveitada num ciclo anual, tomando-se como base o valor do m³ de água fornecida pela concessionária local (CAGEPA, 2006), que é de R$ 1,99/m³ para consumo entre 11 e 20 m³ (faixa na qual se enquadrou o padrão popular), R$ 2,62/m³ para consumo de 21 à 30 m³ (faixa na qual se enquadrou o padrão médio) e R$ 3,56/m³ para consumo acima de 30m³ (enquadrando-se o padrão alto). Estes valores de tarifa são apenas para os serviços de água, não incluindo os de esgotamento sanitário, e são referentes ao mês de maio de 2006.

Para simular cenários futuros em que o valor da tarifa de água praticada deve aumentar, foram calculados os mesmos indicadores para o dobro, o triplo e o quádruplo dos atuais valores.

4.5 Aceitação social

Para a realização desta etapa do trabalho desenvolveu-se uma pesquisa de campo com o objetivo de verificar o conhecimento da população com relação à utilização da água de chuva, bem como a aceitação do seu aproveitamento.

As técnicas de pesquisa, de acordo com Lakatos & Marconi (2001), são consideradas como um conjunto de preceitos e processos de que se serve uma ciência; são também, as habilidades para usar esses preceitos ou normas, na obtenção de seus propósitos. Correspondem, portanto, à parte prática de coleta de dados. Apresentam duas grandes divisões: documentações indiretas, abrangendo a pesquisa documental e a bibliográfica, e documentação direta. Esta última subdivide-se em: observação direta intensiva (observação e

entrevista) e observação direta extensiva (questionário, formulário, medidas de opinião e de atitudes, testes, sociometria, análise de conteúdo, história de vida, pesquisa de mercado).

As etapas de aquisição dos dados adotadas nesta pesquisa foram as seguintes:

- Elaboração do formulário;
- Determinação do tamanho da amostra;
- Aplicação dos formulários;
- Análise estatística dos dados coletados.

4.5.1 Elaboração do formulário

A técnica escolhida para a pesquisa de campo foi à observação direta extensiva. Como instrumento de coleta de dados foi utilizado um formulário estruturado. O formulário é um roteiro de perguntas enunciadas pelo entrevistador e preenchidas por ele com as respostas do entrevistado (LAKATOS & MARCONI, 2001).

O formulário (Apêndice A) foi aplicado aos moradores dos bairros da cidade de João Pessoa e objetivou analisar o nível de conhecimento da população com relação à utilização da água de chuva, bem como a aceitação do seu aproveitamento.

4.5.2 Determinação do tamanho da amostra

O município de João Pessoa tem, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2000), uma população residente de 597.934 habitantes e um total de 151.865 domicílios.

Devido ao número total de domicílios ser muito amplo (151.865 domicílios), o que tornaria o processo de aplicação desses formulários muito lento e dispendioso, foi necessária a obtenção de um plano de amostragem que considerasse uma amostra significativa da área objeto de estudo, para posterior aplicação das entrevistas domiciliares.

Para a seleção dos domicílios necessários à realização da pesquisa de campo elaborou-se um plano de amostragem baseado na NBR 5.426 (ABNT, 1985a), que trata de Planos de amostragem e procedimentos na inspeção de atributos e na NBR 5.427 (ABNT, 1985b), Guia para utilização da norma NBR 5.426.

Este plano determina o número de unidades de produto de cada lote a ser inspecionado (tamanho da amostra ou série de produtos de amostra) e o critério para aceitação do lote (números de Ac - aceitação e de Re - rejeição).

A seguir são apresentados alguns conceitos necessários à elaboração do plano de amostragem.

- Inspeção: processo de medir, ensaiar e examinar a unidade de produto ou comparar suas características com as especificações.
- Inspeção por atributos: é a inspeção na qual a unidade do produto é classificada simplesmente como defeituosa ou não (ou o número de defeitos é contado) em relação a um dado requisito ou conjunto de requisitos.
- Nível de qualidade aceitável – NQA: representa o número máximo de defeitos por cem unidades, que para fins de inspeção por amostragem, pode ser considerada satisfatória como média de um processo. O NQA juntamente com o código literal do tamanho da amostra, é usado para classificar os planos de amostragem.
- Lote de inspeção: conjunto de unidades de produto a ser amostrado para verificar conformidade com as exigências de aceitação.

4.5.2.1 Seqüência de operações da NBR 5.426

Esta norma estabelece planos de amostragem e procedimentos para inspeção por atributos. A seguir são apresentadas as seqüências de procedimentos para determinação do tamanho da amostra.

A - Determinação do tamanho do lote

O tamanho da amostra consiste em uma ou mais unidades retiradas do lote a ser inspecionado, aleatoriamente e independente de sua qualidade. O número de unidades de produto da amostra constitui o tamanho da amostra.

O tamanho do lote que foi inspecionado correspondeu ao total de domicílios da cidade de João Pessoa. E para que a amostra fosse mais representativa, o número de unidades da amostra foi retirado proporcionalmente ao número de domicílios por bairro.

B - Escolha do nível de inspeção

No plano de amostragem é indicado o nível de inspeção, o qual fixa a relação entre o tamanho do lote e da amostra. O nível de inspeção a ser usado para qualquer requisito particular será prescrito pelo responsável pela inspeção.

Existem três níveis de inspeção para uso geral: I, II e III. A inspeção de nível I deverá ser adotada quando for necessária menor discriminação e a de nível III, quando for necessária maior discriminação. Salvo indicação em contrário, será adotada a inspeção em nível II. Portanto, nesta pesquisa utilizou-se, conforme indicado pela NBR 5.426 (ABNT, 1985a), o nível de inspeção II.

Existem ainda quatro níveis especiais S1, S2, S3 e S4 que podem ser utilizados quando forem necessários pequenos tamanhos de amostra, ou onde podem ser tolerados grandes riscos na amostragem.

C - Determinação do código literal do tamanho da amostra

O Quadro 4.2 de codificação de amostragem é utilizado para a determinação da letra aplicável ao tamanho do lote e nível de inspeção prescrito. Para obter-se o tamanho da amostra, deve-se escolher o nível de inspeção e conhecer o tamanho do lote. Através dos dois obtém-se a letra do código literal do tamanho da amostra.

Pode-se observar que nesta pesquisa o tamanho do lote é de 151.865 domicílios e o nível geral de inspeção II, obtém-se a letra do código literal da amostra *P*.

D - Escolha do plano de amostragem

A escolha entre os planos de amostragem do tipo simples, duplo ou múltiplo varia de acordo com o tamanho do lote, a severidade da inspeção (normal, severo e atenuada) e, também, com relação ao seu custo.

São definidos como:

- Plano de amostragem simples: é o que inspeciona a amostra de uma só vez, e seu critério de aceitação respeita o número máximo admissível de defeitos (Ac);
- Plano de amostragem dupla: é o que pode ser aplicado em duas amostragens. Na primeira, caso o número de defeitos seja menor ou igual ao Ac, o lote será aceito, caso não seja, realizar-se-á uma segunda amostragem. Se a quantidade de falhas acumuladas na

segunda amostragem for menor que o Ac da segunda amostragem, aceitar-se-á o lote. Caso o número de falhas extrapolar o número de rejeição (Re) na 1ª amostragem ou a quantidade de falhas acumuladas da 1ª e 2ª amostragens, o lote deverá ser rejeitado;

- Plano de amostragem múltipla: utiliza os procedimentos de amostragem dupla, no entanto o número de amostragens sucessivas é maior que duas.

Quadro 4.2 – Codificação de Amostragem.

Tamanho do lote	**Níveis especiais de inspeção**				**Níveis gerais de inspeção**		
	S1	**S2**	**S3**	**S4**	**I**	**II**	**III**
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 a 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 a 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 a 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 a 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 a 500000	D	E	G	J	M	P	Q
Acima de 500001	D	E	H	K	N	Q	R

Fonte: NBR 5.426/1985

E – Estabelecimento da severidade da inspeção

Ao iniciar-se um procedimento de inspeção deve-se empregar o regime normal salvo determinação em contrário.

Nesta pesquisa foi selecionado o plano de amostragem simples e inspeção normal por se tratar de uma pesquisa que não exige uma inspeção severa, e não há necessidade de repetição.

F – Determinação do tamanho da amostra e do número de aceitação

Após a determinação do plano de amostragem simples-normal, consulta-se a tabela do referido plano (Tabela 2 da NBR 5.426) a fim de se determinar o tamanho da amostra.

Segundo a NBR 5.426, o NQA a ser usado deve ser determinado no contrato de fornecimento ou pelo responsável pela inspeção. Nesta pesquisa adotou-se o NQA preferencial de 0,15.

Com o código literal *P* e o NQA de 0,15, tem-se que o tamanho da amostra é de 800 unidades, sendo o número de aceitação de apenas três resultados defeituosos, ou seja, três entrevistas em que as respostas não apresentem sentido às perguntas formuladas, podendo ser refeitas. O número de rejeição é de quatro resultados duvidosos, ou seja, se quatro entrevistas são duvidosas rejeitam-se todas. Sendo assim, de acordo com o plano de amostragem, deveriam ser entrevistadas pessoas de 800 domicílios.

4.5.2.2 Cálculo de domicílios por bairros

A partir da amostragem determinada pela NBR 5.426 e da planilha de estudo demográfico do município de João Pessoa (Anexo A), calculou-se o percentual correspondente ao número de domicílios por bairro em relação ao tamanho do lote, ou seja, 151.865 domicílios. Esse total de domicílios incluía bairros que não estavam dentro da área urbana de João Pessoa, assim, foram excluídos da pesquisa. Na Tabela 4.5 são apresentados os bairros onde não foi aplicado o formulário e o respectivo número de domicílios.

Tabela 4.5 – Bairros não abordados na pesquisa com as respectivas quantidades de domicílios.

Bairros	**Quantidade de domicílios**
Barra de Gramame	73
Costa do Sol	459
Mumbaba	100
Mussuré	7
Total	**639**

A Tabela 4.6 apresenta o número de domicílios por bairro, o percentual em relação ao tamanho do lote e a quantidade de formulários a serem realizados nos respectivos bairros.

Tabela 4.6 – Percentual de domicílios e quantidade de formulários por bairro em relação ao tamanho do lote, João Pessoa, 2006.

Bairros	Nº de domicílios	% por bairro	Nº de formulários
Aeroclube	1165	0,77	6
Água Fria	1003	0,66	5
Altiplano Cabo Branco	992	0,66	5
Alto do Céu	3392	2,24	18
Alto do Mateus	3978	2,63	21
Anatólia	291	0,19	2
Bancários	2576	1,70	14
Bessa	1915	1,27	10
Brisamar	1096	0,72	6
Cabo Branco	1576	1,04	8
Castelo Branco	2746	1,82	15
Centro	1418	0,94	8
Cidade dos Colibris	157	0,10	1
Costa e Silva	1855	1,23	10
Cristo Redentor	9156	6,05	48
Cruz das Armas	6551	4,33	35
Cuia	907	0,60	5
Distrito	725	0,48	4
Ernani Sátiro	2139	1,41	11
Ernesto Geisel	3190	2,11	17
Bairro dos Estados	1639	1,08	9
Expedicionários	913	0,60	5
Funcionários	4008	2,65	21
Gramame	1534	1,01	8
Grotão	1391	0,92	7
Ilha do Bispo	1443	0,95	8
Bairro das Indústrias	1828	1,21	10
Bairro dos Ipês	2681	1,77	14
Jaguaribe	3805	2,52	20
Jardim Cidade Universitária	3188	2,11	17
Jardim Oceania	2698	1,78	14
Jardim São Paulo	809	0,53	4
Jardim Veneza	3022	2,00	16
João Agripino	325	0,21	2
João Paulo	2402	1,59	13
José Américo	2240	1,48	12
Manaíra	5117	3,38	27
Mandacaru	3284	2,17	17
Mangabeira	17259	11,41	91
Miramar	1779	1,18	9
Monsehor Magno	1182	0,78	6
Oitizeiro	7638	5,05	40
Padre Zé	1630	1,08	9
Paratibe	2128	1,41	11
Pedro Gondim	705	0,47	4
Penha	170	0,11	1

Continuação Tabela 4.6 – Percentual de domicílios e quantidade de formulários por bairro em relação ao tamanho do lote, João Pessoa, 2006.

Bairros	**Nº de domicílios**	**% por bairro**	**Nº de formulários**
Planalto da Boa Esperança	865	0,57	5
Ponta do Seixas	100	0,07	1
Portal do Sol	444	0,29	2
Roger	2470	1,63	13
São José	2059	1,36	11
Tambaú	1873	1,24	10
Tambauzinho	1146	0,76	6
Tambiá	580	0,38	3
Torre	4498	2,97	24
Treze de Maio	1973	1,30	10
Trincheiras	2243	1,48	12
Valentina	5518	3,65	29
Varadouro	1102	0,73	6
Varjão	4709	3,11	25
Total	151226	100	800

De posse dos percentuais totais de domicílios (Tabela 4.6) e agrupados alguns bairros, pois o programa estatístico apenas aceita 50 variáveis e tínhamos um total de 57 bairros, calculou-se o número de domicílios por grupo de bairros em relação ao tamanho da amostra (800 domicílios), que podem ser observados no Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Percentual de domicílios e quantidade de formulários por grupos de bairros em relação ao tamanho do lote, João Pessoa, 2006.

Bairros	**Nº de domicílios**	**% por grupo de bairros**	**Nº de formulários**
Aeroclube/ Bessa/ Jardim Oceania	5778	3,82	30
Água Fria/ Anatólia/ Jardim São Paulo	2103	1,39	11
Altiplano / Cabo Branco/ Portal do Sol	1436	0,95	8
Alto do Céu/ São José	5451	3,60	29
Alto do Mateus	3978	2,63	21
Bancários	2576	1,70	14
Brisamar/ João Agripino	1421	0,94	8
Cabo Branco	1576	1,04	8
Castelo Branco	2746	1,82	15
Centro/ Varadouro	2520	1,67	13
Costa e Silva	1855	1,23	10
Cristo Redentor	9156	6,05	48
Cruz das Armas	6551	4,33	35
Cuiá/ Ernesto Geisel	4097	2,71	22
Distrito	725	0,48	4
Ernani Sátiro	2139	1,41	11
Bairro dos Estados	1639	1,08	9

Tabela 4.7 – Percentual de domicílios e quantidade de formulários por grupos de bairros em relação ao tamanho do lote, João Pessoa, 2006.

Bairros	**Nº de domicílios**	**% por grupo de bairros**	**Nº de formulários**
Expedicionários	913	0,60	5
Funcionários	4008	2,65	21
Grotão	1391	0,92	7
Ilha do Bispo	1443	0,95	8
Bairro das Indústrias	1828	1,21	10
Bairro dos Ipês	2681	1,77	14
Jaguaribe	3805	2,52	20
Jardim Cidade Universitária	3188	2,11	17
Jardim Veneza	3022	2,00	16
João Paulo	2402	1,59	13
José Américo	2397	1,59	13
Manaíra	5117	3,38	27
Mandacaru	3284	2,17	17
Mangabeira	17259	11,41	91
Miramar	1779	1,18	9
Minsenhor Magno/ Paratibe	4844	3,20	26
Oitizeiro	7638	5,05	40
Padre Zé	1630	1,08	9
Pedro Gondim	705	0,47	4
Penha/ Ponta do Seixas	270	0,18	1
Roger	2470	1,63	13
Tambaú	1873	1,24	10
Tambauzinho	1146	0,76	6
Tambiá	580	0,38	3
Torre	4498	2,97	24
Treze de Maio	1973	1,30	10
Trincheiras	2243	1,48	12
Valentina	6383	4,22	33
Varjão	4709	3,11	25
Total	151226	100,00	800

4.5.3 Aplicação dos formulários

A aplicação do formulário nos domicílios deu-se entre os dia 14 de março e 9 de maio de 2006. Sendo aplicados alguns formulários como teste de modo a ajustá-los em uma versão final com linguagem objetiva e de fácil entendimento.

Durante a aplicação dos formulários fez-se os esclarecimentos necessários ao entendimento das questões sem comprometimento nas respostas.

4.5.4 Análise estatística dos dados coletados

Para análise dos dados obtidos utilizou-se um *software Sphinx*. Existem três softwares *Sphinx* disponíveis: *Sphinx Primo*, *Sphinx Plus2* e *Sphinx Léxica*, que correspondem a três níveis de crescente complexidade.

O programa *Sphinx Primo* atende às necessidades básicas de quem pretende realizar uma pesquisa estatística, processá-la, analisar os dados e apresentar seus resultados. Os métodos e procedimentos estatísticos propostos lançam mão de métodos estatísticos básicos, de acesso simples e fácil compreensão.

O software *Sphinx Plus2* acrescenta ao *Sphinx Primo* técnicas de análise mais sofisticadas e a possibilidade de abrir e analisar qualquer base externa de dados.

O *Sphinx Léxica* acrescenta ao *Sphinx Plus*: a possibilidade de abrir e analisar textos de toda natureza e origem: entrevistas, documentos, livros criados com uso de editores de texto ou de scanner e avançadas técnicas de análise de conteúdo e de estatística lexical.

Foi utilizado o *Sphinx Plus2* para a análise dos dados obtidos já que ele permite análises mais sofisticadas, assim como acessa e analisa qualquer base externa de dados de forma simples e compreensível e por apresentar-se eficiente em outros trabalhos desenvolvidos pelo Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental (LARHENA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise técnica

5.1.1 Oferta de águas pluviais em João Pessoa

Estudou-se os índices pluviométricos da região a fim de permitir um dimensionamento mais preciso do reservatório de acumulação de água de chuva. Para tanto, utilizou-se uma série de dados de chuva do posto pluviométrico de João Pessoa, abrangendo dados diários do período de 1912 a 1969, período no qual foi administrado pelo DNOCS. Na Figura 5.1 é apresentado o gráfico das freqüências acumuladas dos dados diários pluviométricos.

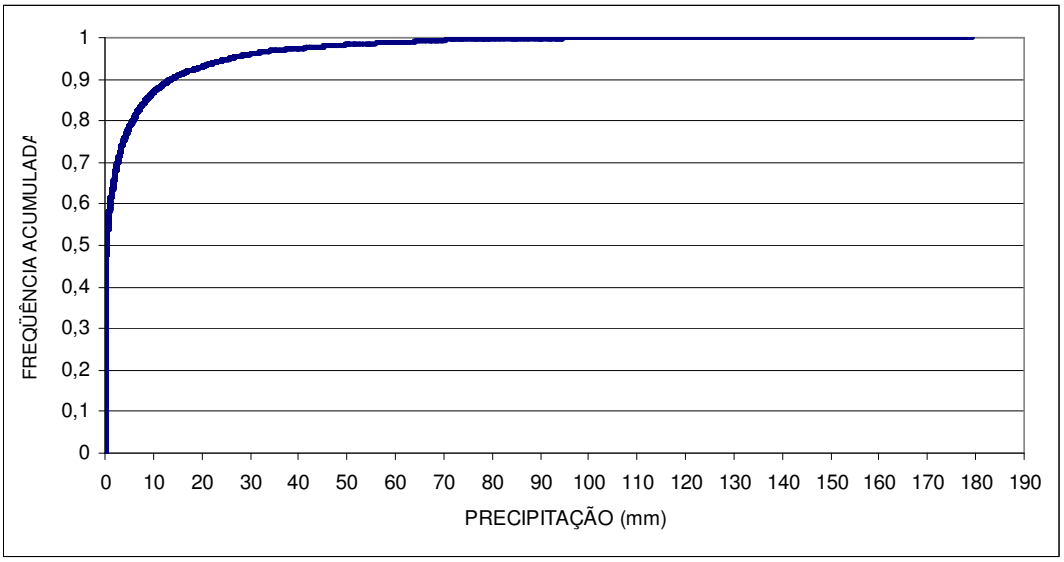


Figura 5.1 – Freqüência acumulada dos dados pluviométricos diários de João Pessoa.

Da análise da freqüência acumulada da Figura 5.1, pode-se observar que grande parte dos dias da série pluviométrica, 45,46%, não tem chuvas registradas. 50% dessas estão abaixo de 0,20 mm, 75% de 3,70 mm, 95% de 25,70 mm e 99% das chuvas abaixo de 61,90 mm.

No Quadro 5.1 a seguir é apresentado um resumo mensal das freqüências referentes a 50, 75, 90 e 99% dos dados diários de precipitação.

Quadro 5.1 – Resumo mensal das freqüências acumuladas dos dados diários de precipitação.

Mês	**Freqüência**			
	50%	**75%**	**90%**	**99%**
	Precipitação (mm)			
Janeiro	0,00	1,40	15,00	40,40
Fevereiro	0,00	2,00	19,20	51,10
Março	0,60	5,80	32,20	69,20
Abril	1,40	8,40	44,50	76,50
Maio	1,80	10,00	45,10	90,00
Junho	2,40	11,50	49,70	78,40
Julho	2,20	8,30	32,10	64,30
Agosto	1,20	4,80	21,20	40,00
Setembro	0,10	2,20	10,40	23,60
Outubro	0,00	0,30	4,80	12,00
Novembro	0,00	0,30	5,10	16,90
Dezembro	0,00	0,60	6,10	19,20

Observa-se, segundo o Quadro 5.1, que os meses de março a agosto são mais chuvosos, com 50% das precipitações diárias acima de 0,60 mm para o mês de março, 1,40 mm para abril, 1,80 mm para maio, 2,40 mm para o mês de junho, 2,2 mm para o mês de julho e 1,2 mm para o mês de agosto. 75% das chuvas diárias de janeiro estão abaixo de 1,40 mm, 2,00 mm para o mês de fevereiro, 5,80 mm para março, 8,40 mm em abril, 10,00 mm para o mês de maio, em junho abaixo 11,50 mm, 8,30 mm para o mês de julho, 4,80 mm em agosto, 2,20 mm para setembro, 0,30 mm para os meses de outubro e novembro, e 0,60 mm para o mês de dezembro.

Na Tabela 5.1 a seguir, pode-se verificar os totais mensais das precipitações de João Pessoa entre os anos de 1912–1931 e 1937–1969, totalizando 53 anos de dados da estação pluviométrica da SUDENE.

Tabela 5.1 – Total mensal pluviométrico em João Pessoa.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1912	x	x	x	x	x	x	129,00	123,70	48,20	20,00	27,10	7,60	-
1913	9,00	285,40	102,80	258,40	88,50	268,90	297,50	129,10	2,30	x	x	32,50	-
1914	287,60	128,10	76,00	296,00	202,30	580,80	313,00	328,20	58,10	5,30	82,40	34,30	2.392,10
1915	24,50	16,60	11,40	110,00	187,00	219,30	144,40	142,70	29,60	14,80	36,40	16,30	953,00
1916	48,80	61,90	182,10	200,70	241,50	242,70	143,00	41,80	18,40	2,40	7,10	60,60	1.251,00
1917	75,40	235,00	259,20	122,20	459,20	280,00	122,80	75,60	47,60	13,50	21,90	41,60	1.754,00
1918	179,00	243,30	198,30	128,50	299,90	254,40	182,30	151,60	68,50	15,20	3,10	8,80	1.732,90
1919	92,40	16,30	38,80	69,30	98,90	296,10	224,90	207,30	166,40	33,10	16,20	9,40	1.269,10
1920	55,60	16,00	152,30	136,60	324,20	193,90	278,90	25,90	51,60	65,10	13,20	123,00	1.436,30
1921	51,00	100,10	293,10	270,30	362,60	177,90	259,60	94,10	143,00	13,50	48,00	71,80	1.885,00
1922	112,50	53,70	80,10	441,60	342,10	409,00	222,20	171,90	15,20	1,60	36,10	6,50	1.892,50
1923	120,60	173,40	34,20	204,20	49,00	224,50	194,80	88,80	44,80	15,30	53,50	23,80	1.226,90
1924	29,60	200,60	318,60	302,60	418,50	380,10	181,40	187,50	43,00	18,90	18,70	14,80	2.114,30
1925	127,40	97,40	130,30	416,70	390,50	239,10	160,90	105,70	148,10	28,00	16,70	24,70	1.885,50
1926	90,20	83,30	389,70	261,60	138,40	300,10	134,30	78,50	57,30	3,40	24,40	21,00	1.582,20
1927	22,50	94,20	264,30	408,30	157,20	215,50	258,40	49,50	33,20	17,50	30,80	8,10	1.559,50
1928	34,10	34,50	185,30	364,70	207,20	197,40	172,60	69,40	103,60	x	15,20	x	-
1929	197,80	19,80	502,80	157,10	203,10	222,70	261,50	161,80	54,50	43,60	37,10	30,70	1.892,50
1930	118,00	45,50	109,70	152,60	104,70	268,10	122,00	13,50	x	x	x	x	-
1931	57,70	163,20	55,30	331,00	282,00	570,00	207,30	184,40	53,10	12,70	11,50	40,40	1.968,60
1937	5,30	62,60	43,40	325,70	282,00	388,30	253,90	145,80	19,80	16,50	24,70	18,20	1.586,20
1938	80,90	61,80	251,10	204,60	181,10	244,40	119,90	225,30	77,90	25,40	75,80	21,70	1.569,90
1939	39,00	136,20	405,70	104,40	215,10	71,30	362,90	380,40	60,10	54,20	155,00	22,70	2.007,00
1940	102,00	98,70	262,20	358,00	765,90	249,10	346,60	191,50	115,10	10,40	10,60	101,80	2.611,90
1941	94,60	67,50	351,80	257,50	176,80	238,10	112,50	180,10	26,00	32,30	39,30	44,80	1.621,30
1942	14,80	75,70	46,60	169,50	444,90	259,00	140,70	196,20	25,60	38,50	6,10	75,20	1.492,80
1943	109,60	150,10	149,00	97,30	227,80	287,90	335,60	112,80	78,20	112,80	9,90	59,80	1.730,80
1944	46,60	14,90	131,70	204,10	421,10	318,70	140,90	126,20	107,40	49,90	28,50	27,10	1.617,10
1945	20,40	197,80	109,00	223,40	420,90	468,80	197,90	184,20	73,40	33,80	44,00	28,30	2.001,90
1946	195,00	27,30	314,30	317,50	169,50	362,20	169,90	73,20	50,70	6,80	18,50	64,50	1.769,40
1947	94,00	34,20	289,90	233,30	353,30	248,30	171,40	72,20	34,40	29,70	66,40	155,60	1.782,70
1948	38,20	22,30	117,80	111,50	342,40	322,10	309,80	157,90	88,80	41,90	50,90	16,90	1.620,50
1949	116,00	25,30	58,90	292,50	530,80	204,90	128,80	159,10	41,60	22,90	53,40	18,40	1.652,60
1950	35,40	68,90	373,10	638,80	291,70	241,50	213,70	103,10	67,50	8,50	7,70	57,60	2.107,50
1951	24,50	52,00	11,30	142,70	289,00	909,00	180,30	57,30	70,40	31,30	38,90	87,50	1.894,20
1952	138,40	22,60	95,90	195,30	247,90	211,30	104,70	170,00	25,60	8,70	15,10	23,90	1.259,40
1953	24,40	14,80	58,30	168,80	113,60	327,40	223,70	101,50	35,60	8,10	11,00	10,20	1.097,40
1954	35,20	29,50	42,70	146,10	404,60	239,80	160,60	87,20	139,70	5,20	8,00	15,20	1.313,80
1955	35,10	74,90	490,10	183,60	238,40	365,20	303,50	197,80	33,60	71,80	11,00	35,90	2.040,90
1956	30,00	180,50	288,00	354,90	314,90	225,90	200,00	176,40	91,00	34,90	13,70	4,90	1.915,10
1957	66,40	13,30	226,50	405,60	172,30	172,30	140,80	144,00	22,70	24,10	15,40	60,80	1.464,20
1958	44,30	104,30	185,90	125,00	340,30	294,90	306,60	144,00	12,40	11,30	21,50	7,30	1.597,80
1959	106,30	158,40	94,20	327,00	249,90	224,90	184,50	118,10	78,20	6,40	29,30	17,20	1.594,40
1960	47,90	8,40	380,50	137,60	291,50	314,40	263,20	118,10	58,30	11,50	7,00	45,10	1.683,50
1961	258,00	87,80	320,70	449,70	244,40	304,00	281,40	96,10	91,40	79,40	8,00	11,70	2.232,60
1962	24,90	65,40	277,10	144,30	255,70	255,80	229,10	136,00	141,50	16,60	6,20	38,50	1.591,10
1963	55,10	134,20	238,90	368,10	147,30	138,70	372,40	141,40	37,00	6,00	69,10	118,30	1.826,50
1964	254,50	306,40	554,70	605,50	685,80	355,00	476,40	175,80	148,00	37,60	55,10	28,90	3.683,70
1965	122,90	58,20	41,40	302,60	308,60	528,10	74,90	40,70	56,10	13,60	22,70	32,20	1.602,00

Continuação Tabela 5.1 – Total mensal pluviométrico em João Pessoa.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1966	72,80	214,50	129,30	146,60	194,60	375,40	583,80	176,90	206,70	7,40	67,00	21,00	2.196,00
1967	21,50	91,50	367,30	309,20	245,10	316,60	216,70	188,30	39,30	73,00	3,00	34,40	1.905,90
1968	120,90	85,10	327,30	261,30	280,30	127,70	242,40	44,50	68,10	10,80	17,10	18,20	1.603,70
1969	75,30	45,70	189,50	352,20	419,50	569,50	502,40	185,00	46,00	31,30	20,80	29,50	2.466,70
n	52	52	52	52	52	52	53	53	52	50	51	51	49
MÉDIA	**82,38**	**93,44**	**204,01**	**255,70**	**285,07**	**301,94**	**227,60**	**136,57**	**66,43**	**25,42**	**29,43**	**37,83**	**1.745,83**

Fonte: Adaptado dos dados diários da ADENE (2006).

Obs.: x – não constam dados de precipitação.

Segundo a Tabela 5.1, conclui-se que a média do total anual em João Pessoa é de 1.745,83 mm. Confirmando o resultado obtido na análise da freqüência acumulada mensal, a estação chuvosa em João Pessoa concentra-se nos meses de março a agosto, com a média mensal máxima ocorrendo no mês de junho (301,94 mm). Os valores mínimos de precipitação ocorrem entre os meses de setembro e fevereiro, com mínima pluviometria no mês de outubro (25,42 mm).

Na Figura 5.2 é apresentado o *boxplot* para o total pluviométrico mensal.

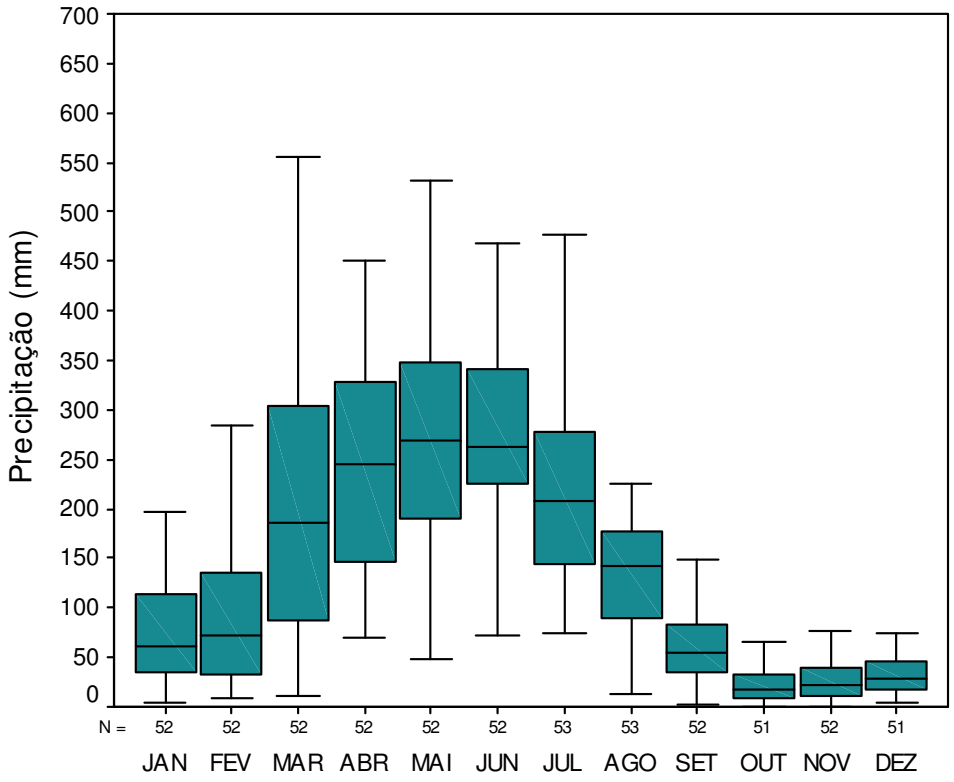


Figura 5.2 – *Boxplot* ilustrando o total pluviométrico mensal em João Pessoa.

Pelo *boxplot*, representado na Figura 5.2, observa-se que o valor mediano para o total precipitado no mês de janeiro é de 57,70 mm e que cerca de 50% das precipitações estão compreendidas entre 34,10 e 112,50 mm. O mês de fevereiro apresenta precipitação total mediana de 68,90 mm, 50% estão entre 29,50 e 134,20 mm, em março a mediana é igual a 185,30 mm, 50% do total está entre 80,10 e 293,10 mm, o valor mediano para abril encontrado é em torno de 233,30 mm e 50% das chuvas estão compreendidas entre 146,10 e 327,00 mm, o mês de maio apresenta mediana de 255,70 mm, 50% dessas estão entre 187,00 e 342,40 mm, o mês de junho apresenta precipitação total mediana de 259,00 mm, 50% dessas estão entre 224,50 e 327,40 mm, em julho a mediana é de 207,30 mm, 50% do total precipitado encontra-se entre 144,40 e 278,90 mm, o valor mediano para a o mês de agosto está em torno de 141,40 mm e 50% das precipitações estão compreendidas entre 88,80 e 176,90 mm, em setembro a mediana é igual a 54,50 mm, 50% está compreendido entre 34,40 e 78,20 mm, para o mês de outubro a mediana é de 16,60 mm, com 50% entre 8,70 e 33,80 mm, o mês de novembro apresenta valor mediano de 20,80 mm para o total precipitado, 50% estão entre 11,00 e 38,90 mm, em dezembro a mediana é igual a 28,30 mm, 50% dos casos estão compreendidas entre 16,90 e 45,10 mm.

Com base nos dados da Tabela 5.1, foi possível demonstrar o comportamento das precipitações em João Pessoa, através do histograma das precipitações anuais (Figura 5.3) e a freqüência acumulada para esses dados (Figura 5.4).

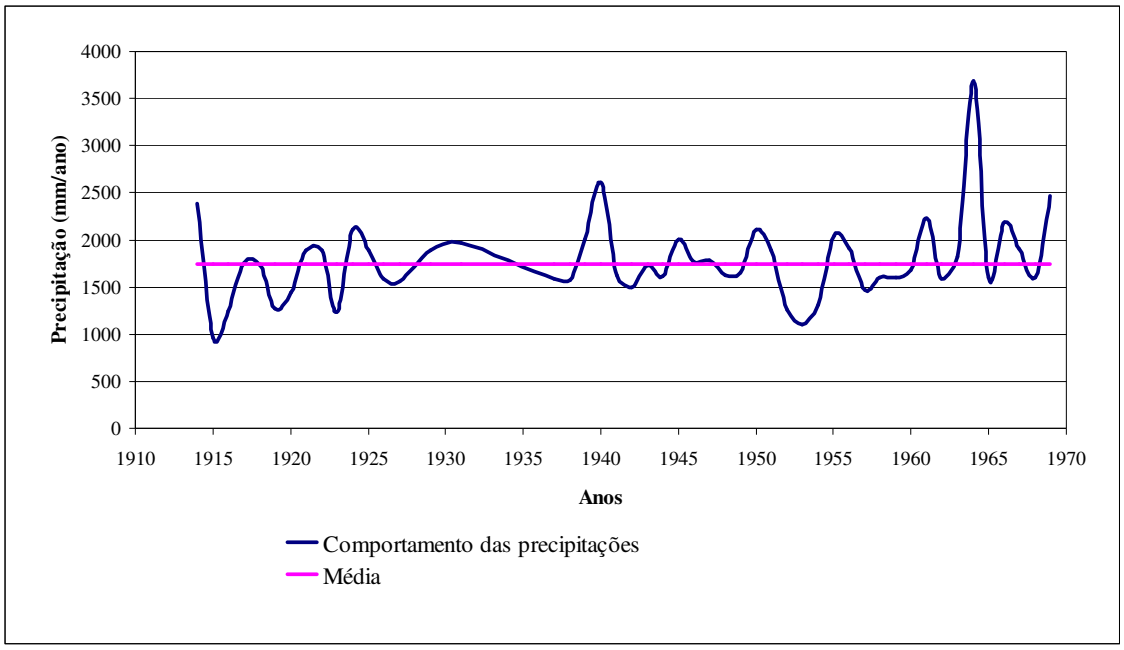


Figura 5.3 – Histograma das precipitações anuais.

Observa-se na Figura 5.3 que os anos de 1914, 1917, 1921, 1922, 1924–1925, 1929–1931,1939–1941,1945–1947, 1950, 1951, 1955, 1956, 1961, 1963, 1964, 1966, 1967 e 1969 apresentam precipitação superior à média (1.745,83 mm), sendo 1914, 1924, 1939, 1940, 1945, 1950, 1955, 1961, 1964, 1966 e 1969 anos bastante chuvosos, com precipitação anual acima de 2.000 mm, destacando-se o ano de 1964 com pouco mais de 3.500 mm de chuva. Já os anos de 1915, 1916, 1918–1920, 1923, 1926, 1927, 1937, 1938, 1941–1944, 1948, 1949, 1952–1954, 1957–1960, 1962, 1965 e 1968 apresentam precipitação inferior à média anual, sendo 1915 o ano mais seco de toda a série.

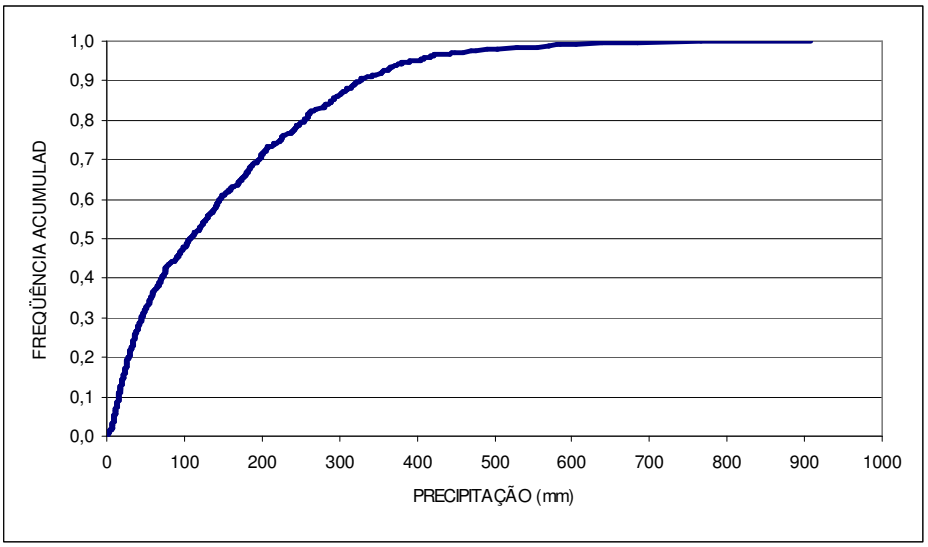


Figura 5.4 – Freqüência acumulada do total mensal pluviométrico de João Pessoa.

Analisando a Figura 5.4 observa-se que 50% do total anual de chuva de João Pessoa está abaixo de 107,40 mm, 75% de 223,70 mm, 95% de 390,50 mm e 99% do total das chuvas estão abaixo de 580,80 mm.

Os dados pluviométricos diários da cidade de João Pessoa para uma série de 53 anos estão resumidos no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Resumo dos dados pluviométricos diários de João Pessoa.

Maior precipitação diária (16/03/1939)	179,40 mm
Média da precipitação máxima diária dos vários anos	114,71 mm
Maior precipitação mensal (Junho/1951)	909,00 mm
Menor precipitação mensal (Outubro/1922)	1,60 mm
Maior total anual de precipitação (1964)	3.683,70 mm
Menor total anual de precipitação (1915)	953,00 mm
Média de precipitação anual	1.745,83 mm
Desvio padrão para as precipitações anuais	437,43 mm

5.1.2 Demanda predial por águas de chuva

Os pontos de utilização considerados para a estimativa da demanda predial por água de chuva foram:

Padrão popular: bacia sanitária, chuveiro, lavatório, tanque e 20 dias de rega de jardim para uma área de 8 m².
Padrão médio: bacia sanitária, chuveiro, lavatório, tanque, máquina de lavar roupas, um automóvel com 2 lavagens mensais, e 20 dias de rega de jardim para uma área de 20 m².
Padrão alto: bacia sanitária, chuveiro, lavatório, tanque, máquina de lavar roupas, três automóveis com 2 lavagens mensais, 20 dias de rega de jardim para uma área de 60 m², e uma piscina com 20 m² e 8 manutenções por mês.

A partir das pesquisas de Tomaz (2000), Tomaz (2003), Creder (2006) e Rocha *et. al* (1998), foi determinado os consumos para os diferentes padrões de moradias (Tabelas 5.2, 5.3 e 5.4).

Tabela 5.2 – Distribuição de usos potáveis e dos não potáveis em residência de padrão popular.

Ponto de utilização	**Consumo diário (L/habitante.dia)**	**Consumo potável (%)**	**Consumo não potável (%)**
Bacia sanitária	36	0,00	27,69
Chuveiro	60	0,00	46,15
Lavatório	9	0,00	6,92
Pia	20	15,38	0,00
Tanque	3	0,00	2,31
Rega de jardim	2	0,00	1,54
Total	130,0	15,38	84,62

Segundo Oliveira & Filho (2003) o consumo diário para residências de padrão popular é igual a 116,25 L/habitante. Querido (2000) determina 129,50 L/habitante. Como se pode observar na Tabela 5.2 o consumo calculado para este padrão de residência foi de 130,0 L/habitante.dia, muito próximo àqueles citados, sendo o chuveiro o aparelho responsável por um maior consumo (46,15%), seguido da bacia sanitária (27,69%) e pia (15,38%). A distribuição dos usos potáveis e não potáveis foi definida como sendo 84,62% (110,0

L/habitante.dia) de demanda por água não-potável (água pluvial), ficando apenas a pia da cozinha abastecida com água da concessionária.

Tabela 5.3 – Distribuição de usos potáveis e dos não potáveis em residência de padrão médio.

Ponto de utilização	**Consumo diário (L/habitante.dia)**	**Consumo potável (%)**	**Consumo não potável (%)**
Bacia sanitária	36	0,00	22,22
Chuveiro	60	0,00	37,04
Lavatório	9	0,00	5,56
Pia	20	12,35	0,00
Tanque	3	0,00	1,85
Máquina de lavar roupas	28	0,00	17,28
Lavagem de carro	2	0,00	1,23
Rega de jardim	4	0,00	2,47
Total	162,0	12,35	87,65

O consumo em residências de padrão médio segundo Oliveira & Filho (2003) é de 141,0 L/habitante. Querido (2000) determina 153,0 L/habitante. O consumo calculado para este padrão de residência foi igual a 162,0 L/habitante.dia, sendo o chuveiro o aparelho responsável por maior consumo (37,04%), seguido da bacia sanitária (22,22%) e da máquina de lavar roupas (17,28%). A distribuição dos usos potáveis e não potáveis foi definida como sendo 87,65% (142,0 L/habitante.dia) de demanda por água pluvial, estando a pia da cozinha abastecida com água da concessionária.

Tabela 5.4 – Distribuição de usos potáveis e dos não potáveis em residência de padrão alto.

Ponto de utilização	**Consumo diário (L/habitante.dia)**	**Consumo potável (%)**	**Consumo não potável (%)**
Bacia sanitária	36	0,00	18,67
Chuveiro	60	0,00	31,11
Lavatório	9	0,00	4,67
Pia	20	10,37	0,00
Tanque	3	0,00	1,56
Máquina de lavar roupas	28	0,00	14,52
Lavagem de carro	5	0,00	2,59
Rega de jardim	10	0,00	5,19
Piscina	21,83	0,00	11,32
Total	192,83	10,37	89,63

Para Oliveira & Filho (2003) o consumo diário para residências de padrão alto é de 221,0 L/habitante. Querido (2000) determina 217,0 L/habitante. Como se pode observar na Tabela 5.4 o consumo calculado para este padrão foi igual a 192,83 L/habitante.dia. O chuveiro foi o aparelho responsável por um maior consumo (31,11%), assim como nos outros padrões de moradias, seguido da bacia sanitária (18,67%) e a máquina de lavar roupas (14,52%). A distribuição dos usos potáveis e não potáveis foi definida como sendo 89,63% (172,83 L/habitante.dia) de demanda por água não-potável. Apenas a pia da cozinha ficou sendo abastecida com água da concessionária.

5.2 Análise econômica

5.2.1 Dimensionamento do reservatório inferior

Foram considerados alguns valores para a capacidade do reservatório de acumulação, variando desde um mínimo equivalente a dez dias de consumo da residência até o máximo possível dimensionado pelo método de Rippl ou equivalente a 20 dias de consumo da residência, sendo considerado o maior desses dois últimos valores.

O dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais é mostrado nas Tabelas 5.5, 5.6 e 5.7.

Tabela 5.5 – Dimensionamento do reservatório para o padrão popular.

Mês	Precipitação média (mm)	Entrada (L/mês)	Dias no mês	Consumo (L/mês)	Saldo (L/mês)	Déficit acumulado (m³)	Entrada acumulada (m³/mês)
Janeiro	82,38	4.201,52	31	13.640,00	-9.438,48	9,44	4,20
Fevereiro	93,44	4.765,66	28	12.320,00	-7.554,34	16,99	8,97
Março	204,01	10.404,39	31	13.640,00	-3.235,61	20,23	19,37
Abril	255,70	13.040,90	30	13.200,00	-159,10	20,39	32,41
Maio	285,07	14.538,73	31	13.640,00	898,73	20,39	46,95
Junho	301,94	15.399,06	30	13.200,00	2.199,06	20,39	62,35
Julho	227,60	11.607,50	31	13.640,00	-2.032,50	22,42	73,96
Agosto	136,57	6.964,96	31	13.640,00	-6.675,04	29,10	80,92
Setembro	66,43	3.388,17	30	13.200,00	-9.811,83	38,91	84,31
Outubro	25,42	1.296,50	31	13.640,00	-12.343,50	51,25	85,61
Novembro	29,43	1.500,68	30	13.200,00	-11.699,33	62,95	87,11
Dezembro	37,83	1.929,20	31	13.640,00	-11.710,80	74,66	89,04
∑	1.745,83	89.037,25	-	160.600,00	-	-	-
Volume máximo do reservatório (m³)			8,80				
Volume mínimo do reservatório (m³)			4,40				

Volume do RI (m³)	Volume aproveitado (m³/ano)	Volume de água comprado* (m³/ano)
8,80	89,04	0,00
7,70	89,04	0,00
6,60	89,04	0,00
5,50	89,04	0,00
4,40	89,04	0,00

*em relação à opção de volume máximo do reservatório inferior.

A seguir são descritos os dados da planilha de dimensionamento do reservatório de água de chuva comum a todos os padrões.

***Precipitação média (mm)*:** nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros do município de João Pessoa (Tabela 5.1).

***Entrada (L/mês)*:** é o volume máximo de água de chuva que poderá ser coletado no intervalo de um mês. Segundo Tomaz (1998), a entrada de água pluvial é calculada pela seguinte equação:

$$Q = P \cdot A \cdot c \tag{5.1}$$

onde: P é a precipitação média mensal (mm), A a área de coleta (foi considerado diferentes valores para os diversos padrões de moradia. Para o padrão popular a área de captação considerada foi igual a 60 m², 120 m² para o padrão médio e 300 m² para o padrão alto) e c o coeficiente de *runoff* (igual a 0,85).

***Dias no mês*:** quantidade de dias no referente mês.

***Consumo (L/mês)*:** refere-se ao volume de água potável que pode ser substituído por água de chuva, volume de água necessário para alimentar os pontos onde não há necessidade da utilização de água potável no intervalo de um mês. O consumo é determinado multiplicando-se a demanda por água não potável, o número de habitantes na residência e a quantidade de dias no mês.

***Saldo (L/mês)*:** é a diferença entre a entrada e o consumo.

***Déficit acumulado (m³)*:** é o somatório do saldo negativo de água de chuva nos meses de janeiro a dezembro.

***Entrada acumulada (m³/mês)*:** refere-se ao somatório da entrada de águas pluviais nos meses de janeiro a dezembro.

***Saldo acumulado (L/mês)*:** somatório do saldo de águas pluviais nos meses de janeiro a dezembro.

***Saldo acumulado (m³/mês)*:** saldo acumulado dividido por mil.

Para o padrão popular o volume máximo do reservatório de água de chuva foi encontrado tomando-se como base vinte dias de consumo, uma vez que o volume máximo calculado pelo método de Rippl, (determinado através do somatório do saldo positivo, para consumo maior que entrada de água de chuva), foi inferior ao volume mínimo (considerando dez dias de consumo na residência). O volume máximo calculado pelo método de Rippl foi igual a 3,10 m³ e o volume mínimo igual 4,40 m³.

Foram atribuídos possíveis valores entre os volumes máximo (8,80 m³) e mínimo (4,40 m³) calculados para o reservatório de acumulação de água de chuva para que fosse analisada a viabilidade econômica referente à quantidade de água aproveitada num ciclo anual.

Tabela 5.6 – Dimensionamento do reservatório para o padrão médio.

Mês	Precipitação média (mm)	Entrada (L/mês)	Dias no mês	Consumo (L/mês)	Saldo (L/mês)	Déficit acumulado (m³)	Entrada acumulada (m³/mês)
Janeiro	82,38	8.403,03	31	22.010,00	-13.606,97	13,61	8,40
Fevereiro	93,44	9.531,31	28	19.880,00	-10.348,69	23,96	17,93
Março	204,01	20.808,78	31	22.010,00	-1.201,22	25,16	38,74
Abril	255,70	26.081,79	30	21.300,00	4.781,79	25,16	64,82
Maio	285,07	29.077,45	31	22.010,00	7.067,45	25,16	93,90
Junho	301,94	30.798,12	30	21.300,00	9.498,12	25,16	124,70
Julho	227,60	23.215,01	31	22.010,00	1.205,01	25,16	147,92
Agosto	136,57	13.929,93	31	22.010,00	-8.080,07	33,24	161,85
Setembro	66,43	6.776,33	30	21.300,00	-14.523,67	47,76	168,62
Outubro	25,42	2.593,00	31	22.010,00	-19.417,00	67,18	171,21
Novembro	29,43	3.001,35	30	21.300,00	-18.298,65	85,48	174,22
Dezembro	37,83	3.858,40	31	22.010,00	-18.151,60	103,63	178,07
∑	1.745,83	178.074,51	-	259.150,00	-	-	-
Volume máximo do reservatório (m³)			22,55				
Volume mínimo do reservatório (m³)			7,10				

Volume do RI (m³)	Volume aproveitado (m³/ano)	Volume de água comprado* (m³/ano)
22,55	178,07	0,00
18,00	173,52	4,55
14,00	169,52	8,55
10,00	165,52	12,55
7,10	162,62	15,45

*em relação à opção de volume máximo do reservatório inferior.

No padrão médio o volume máximo do reservatório de água de chuva foi calculado pelo método de Rippl (22,55 m³) e o volume mínimo para suprir dez dias de consumo na residência (7,10 m³).

A partir dos valores máximo e mínimo referentes ao volume do reservatório de acumulação de água de chuva, foram atribuídos possíveis valores para que fosse analisada a viabilidade econômica referente à quantidade de água aproveitada num ciclo anual.

Tabela 5.7 – Dimensionamento do reservatório para o padrão alto.

Mês	Precipitação média (mm)	Entrada (L/mês)	Dias no mês	Consumo (L/mês)	Saldo (L/mês)	Déficit acumulado (m³)	Entrada acumulada (m³/mês)
Janeiro	82,38	21.007,59	31	32.147,00	-11.139,41	11,14	21,01
Fevereiro	93,44	23.828,28	28	29.036,00	-5.207,72	16,35	44,84
Março	204,01	52.021,96	31	32.147,00	19.874,96	16,35	96,86
Abril	255,70	65.204,48	30	31.110,00	34.094,48	16,35	162,06
Maio	285,07	72.693,63	31	32.147,00	40.546,63	16,35	234,76
Junho	301,94	76.995,29	30	31.110,00	45.885,29	16,35	311,75
Julho	227,60	58.037,52	31	32.147,00	25.890,52	16,35	369,79
Agosto	136,57	34.824,82	31	32.147,00	2.677,82	16,35	404,61
Setembro	66,43	16.940,83	30	31.110,00	-14.169,17	30,52	421,55
Outubro	25,42	6.482,50	31	32.147,00	-25.664,50	56,18	428,04
Novembro	29,43	7.503,38	30	31.110,00	-23.606,63	79,79	435,54
Dezembro	37,83	9.646,00	31	32.147,00	-22.501,00	102,29	445,19
∑	1.745,83	445.186,27	-	378.505,00	-	-	-
Volume máximo do reservatório (m³)			102,29				
Volume mínimo do reservatório (m³)			10,37				

Volume do RI (m³)	Volume aproveitado (m³/ano)	Volume de água comprado* (m³/ano)
102,29	445,19	0,00
75,00	417,90	27,29
45,00	387,90	57,29
28,00	370,90	74,29
10,37	353,27	91,92

*em relação à opção de volume máximo do reservatório inferior.

Para o padrão alto o volume máximo do reservatório de água de chuva foi calculado pelo método de Rippl, (determinado através do somatório do saldo negativo, para consumo menor que entrada de água de chuva). O volume máximo foi igual 102,29 m³ e o volume mínimo igual 10,37 m³.

Foram atribuídos possíveis valores entre os volumes máximo (102,29 m³) e mínimo (10,37 m³) calculados para o reservatório de acumulação de água de chuva para que fosse analisada a viabilidade econômica referente à quantidade de água aproveitada num ciclo anual.

5.2.2 Confiabilidade do reservatório de acumulação

Como já mencionado, no aproveitamento de água de chuva, o reservatório é o componente mais dispendioso do sistema. Sua capacidade de armazenamento influencia não

somente o custo, mas também a capacidade de atendimento da demanda. Para o dimensionamento do reservatório foi utilizada a média mensal das precipitações. Entretanto, a utilização de dados mensais, traz uma "falsa" idéia do regime pluviométrico local, isso porque o cálculo do volume do reservatório de acumulação pelas médias mensais não leva em consideração os picos de chuva. A análise histórica da precipitação local fará com que se tenha uma idéia mais precisa da real condição de oferta de chuva no local onde se deseja implantar o sistema de aproveitamento de água pluvial, porém para cada ano de dados disponíveis teríamos um volume para o reservatório de água de chuva, o que tornaria inviável o dimensionamento pela análise histórica. Sendo assim, optou-se por utilizar a média mensal dos dados diários das precipitações e calcular a confiabilidade volumétrica para todos os anos e para os possíveis volumes de acumulação.

Segundo Cheng (2000), é extremamente importante fazer a análise do volume de água de chuva a ser coletada, para que o custo final não inviabilize o uso do sistema. Na verificação do volume do reservatório são necessários os dados de precipitação, demanda, área de coleta, coeficiente de *runoff*, volume do reservatório e volume aproveitado de água de chuva obtidos no cálculo do dimensionamento do reservatório.

Neste trabalho, a confiabilidade volumétrica do sistema foi determinada da seguinte maneira:

$$\text{Confiabilidade volumétrica} = 100\left(\frac{V_1}{V_2}\right) \tag{5.2}$$

onde: V_1 é o volume anual de águas pluviais aproveitado levando-se em consideração os dados em base diária para um dado ano;

V_2 o volume anual de águas pluviais aproveitado levando-se em consideração as médias mensais.

Para todos os possíveis volumes dos reservatórios de acumulação foi calculada a confiabilidade volumétrica para cada ano de dados pluviométricos disponível e assim um novo volume de água de chuva aproveitado foi encontrado. Como exemplo, no apêndice B é apresentado o cálculo da confiabilidade volumétrica para o reservatório de 8,80 m³ (padrão popular) para o ano de 1913. As confiabilidades volumétricas de todos os anos e possíveis valores de capacidade do reservatório são apresentadas nas Tabelas 5.8, 5.9 e 5.10 seguintes.

Tabela 5.8 – Confiabilidade volumétrica e volume aproveitado corrigido padrão popular de residências.

Volume (m³)	**8,80**	**7,70**	**6,60**	**5,50**	**4,40**	**Volume (m³)**	**8,80**	**7,70**	**6,60**	**5,50**	**4,40**
Volume aproveitado em base mensal (m³/ano)	**89,04**	**89,04**	**89,04**	**89,04**	**89,04**	**Volume aproveitado em base mensal (m³/ano)**	**89,04**	**89,04**	**89,04**	**89,04**	**89,04**
Ano	**Confiabilidade volumétrica (%)**					**Ano**	**Confiabilidade volumétrica (%)**				
1913	83,95	82,71	80,62	78,14	75,67	**1947**	97,04	95,80	94,57	93,16	90,69
1914	113,72	111,25	108,78	105,44	100,55	**1948**	87,92	86,68	85,45	83,90	81,43
1915	54,59	54,59	54,59	54,59	54,59	**1949**	80,81	79,57	78,34	77,10	75,87
1916	71,66	71,66	71,66	71,66	70,69	**1950**	80,81	79,57	78,34	77,10	75,87
1917	93,21	90,74	88,26	85,79	83,32	**1951**	76,66	75,43	74,19	72,96	71,72
1918	98,41	97,18	95,53	93,06	89,43	**1952**	72,14	72,14	72,14	72,14	71,40
1919	72,69	72,69	72,69	72,08	70,81	**1953**	62,86	62,86	62,26	61,03	59,79
1920	82,27	82,27	81,34	80,11	78,87	**1954**	70,74	69,50	68,27	67,03	65,73
1921	103,36	102,12	100,89	99,65	96,33	**1955**	105,63	104,40	102,58	100,11	97,64
1922	90,88	89,64	88,41	87,17	85,94	**1956**	100,16	98,14	94,43	90,72	87,02
1923	70,28	70,28	70,28	70,28	70,28	**1957**	81,45	80,21	78,98	77,33	74,86
1924	105,62	104,38	103,14	101,91	100,67	**1958**	90,61	89,38	87,27	83,57	79,86
1925	96,48	95,25	94,01	92,78	91,54	**1959**	91,33	91,29	90,06	88,82	87,01
1926	86,42	85,19	83,95	82,72	81,30	**1960**	94,79	91,08	87,38	83,67	79,96
1927	86,94	85,71	84,47	82,55	80,08	**1961**	112,64	110,47	107,59	103,88	100,18
1929	102,39	101,16	99,92	97,86	95,39	**1962**	89,81	88,58	87,34	85,81	82,90
1931	92,39	91,15	89,06	86,59	84,12	**1963**	104,62	104,16	101,71	98,03	94,33
1937	84,85	83,62	81,52	79,05	76,58	**1964**	135,72	134,48	132,44	129,43	125,72
1938	89,02	87,79	86,55	84,82	82,35	**1965**	79,30	78,07	76,83	75,60	74,36
1939	102,22	99,75	97,28	94,81	92,34	**1966**	104,79	103,55	102,32	101,08	99,85
1940	114,11	112,88	111,64	110,41	109,17	**1967**	101,59	100,36	99,12	97,89	96,65
1941	92,87	92,38	91,14	89,91	87,59	**1968**	88,24	87,00	85,77	84,53	82,24
1942	81,84	80,61	79,37	78,14	76,66	**1969**	100,21	98,98	97,74	96,51	95,27
1943	93,05	91,81	90,58	89,34	87,75	**Confiabilidade volumétrica média (%)**	**91,18**	**89,99**	**88,54**	**86,83**	**84,76**
1944	89,26	88,03	86,79	85,56	83,52	**Volume aproveitado corrigido (m³/ano)**	**81,19**	**80,13**	**78,83**	**77,31**	**75,46**
1945	97,59	96,35	95,12	93,88	92,65	**Volume de água comprado* (m³/ano)**	**0,00**	**1,06**	**2,35**	**3,88**	**5,72**
1946	99,12	96,65	94,18	91,71	89,24						

*em relação à opção de volume máximo do reservatório inferior.

Tabela 5.9 – Confiabilidade volumétrica e volume aproveitado corrigido padrão médio de residências.

Volume (m³)	**22,55**	**18,00**	**14,00**	**10,00**	**7,10**	**Volume (m³)**	**22,55**	**18,00**	**14,00**	**10,00**	**7,10**
Volume aproveitado em base mensal (m³/ano)	**178,07**	**170,92**	**160,92**	**150,92**	**141,66**	**Volume aproveitado em base mensal (m³/ano)**	**178,07**	**170,92**	**160,92**	**150,92**	**141,66**
Ano	**Confiabilidade volumétrica (%)**					**Ano**	**Confiabilidade volumétrica (%)**				
1913	84,45	83,23	80,48	76,86	72,88	**1947**	94,26	94,11	93,97	93,83	90,85
1914	106,22	104,26	102,00	99,63	94,27	**1948**	83,06	82,62	82,21	81,78	80,91
1915	54,59	56,02	57,34	58,73	58,23	**1949**	79,00	78,45	77,94	77,40	76,77
1916	71,66	73,54	73,95	73,32	72,80	**1950**	79,00	78,45	77,94	77,40	76,77
1917	88,11	87,64	84,99	82,21	80,11	**1951**	75,14	74,49	73,89	73,26	72,37
1918	98,61	98,58	97,85	92,76	87,28	**1952**	72,14	74,03	75,78	76,70	75,72
1919	72,69	74,60	74,78	74,17	72,73	**1953**	62,86	64,51	64,17	63,30	62,63
1920	80,83	80,33	79,86	79,37	78,59	**1954**	71,03	70,27	69,57	68,83	67,06
1921	99,82	99,81	99,81	98,12	96,30	**1955**	95,79	95,68	95,58	95,48	95,29
1922	83,35	82,91	82,51	82,09	93,87	**1956**	94,55	94,41	94,27	91,07	87,34
1923	70,28	72,12	73,82	75,15	72,94	**1957**	82,80	82,35	81,93	79,68	74,76
1924	97,80	97,75	97,69	97,64	97,50	**1958**	82,59	82,14	81,72	80,20	76,28
1925	93,81	93,65	93,50	93,34	91,51	**1959**	91,33	92,77	92,60	92,12	89,24
1926	84,32	83,91	83,53	80,91	78,78	**1960**	87,19	86,85	86,35	83,56	79,70
1927	85,41	85,03	84,67	83,52	80,52	**1961**	103,49	103,23	100,95	98,56	96,75
1929	99,76	99,75	99,75	99,56	95,00	**1962**	87,53	87,21	86,91	84,61	82,56
1931	87,93	87,61	87,32	86,72	84,70	**1963**	103,72	103,66	101,39	99,01	94,21
1937	78,80	78,24	83,63	76,90	74,65	**1964**	121,34	121,90	121,37	119,47	117,38
1938	89,92	89,96	89,72	88,12	86,13	**1965**	73,42	72,72	72,08	71,41	70,90
1939	102,85	100,30	97,95	95,48	92,47	**1966**	101,92	101,97	102,02	102,07	98,68
1940	103,99	104,10	104,19	104,30	104,37	**1967**	92,54	92,34	92,16	91,97	91,83
1941	92,87	94,15	94,01	92,96	90,86	**1968**	85,07	84,68	92,16	83,94	81,43
1942	80,19	79,67	79,19	78,69	77,44	**1969**	89,44	89,16	88,91	88,64	88,44
1943	93,35	93,18	93,01	92,14	90,22	**Confiabilidade volumétrica média (%)**	**87,71**	**87,65**	**87,50**	**86,17**	**84,37**
1944	85,39	85,01	84,66	84,28	84,00	**Volume aproveitado corrigido (m³/ano)**	**156,19**	**149,81**	**140,80**	**130,04**	**119,51**
1945	95,26	95,14	95,02	94,90	92,79	**Volume de água comprado* (m³/ano)**	**0,00**	**6,38**	**15,39**	**26,15**	**36,68**
1946	94,20	94,05	93,91	92,22	89,66						

*em relação à opção de volume máximo do reservatório inferior.

Tabela 5.10 – Confiabilidade volumétrica e volume aproveitado corrigido padrão alto de residências.

Volume (m³)	**102,29**	**75,00**	**45,00**	**28,00**	**10,37**	**Volume (m³)**	**102,29**	**75,00**	**45,00**	**28,00**	**10,37**
Volume aproveitado em base mensal (m³/ano)	**445,19**	**417,90**	**387,90**	**370,90**	**353,27**	**Volume aproveitado em base mensal (m³/ano)**	**445,19**	**417,90**	**387,90**	**370,90**	**353,27**
Ano	**Confiabilidade volumétrica (%)**					**Ano**	**Confiabilidade volumétrica (%)**				
1913	70,39	68,45	66,01	64,46	57,37	**1947**	83,76	82,69	81,36	80,50	75,20
1914	84,29	83,26	81,97	81,14	74,51	**1948**	75,26	73,65	71,61	70,31	67,44
1915	54,59	58,15	58,13	56,21	52,42	**1949**	76,09	74,53	72,56	71,30	66,86
1916	70,83	68,93	66,53	64,99	61,16	**1950**	77,58	76,12	74,27	73,09	71,43
1917	75,50	73,90	71,88	70,59	65,39	**1951**	70,27	68,33	65,88	64,32	62,26
1918	82,54	81,40	79,96	79,04	73,42	**1952**	72,14	73,82	71,80	70,50	66,84
1919	71,66	69,81	67,47	65,98	61,97	**1953**	62,86	60,89	57,86	55,93	53,73
1920	74,36	72,69	70,57	69,22	66,05	**1954**	67,69	65,58	62,92	61,22	56,40
1921	83,78	82,72	81,39	80,53	75,24	**1955**	79,53	78,19	76,50	75,42	74,20
1922	73,63	71,91	69,74	68,35	66,12	**1956**	81,03	79,79	78,22	77,22	72,22
1923	70,28	74,87	77,62	76,59	64,33	**1957**	74,19	72,51	70,38	69,02	63,16
1924	78,91	77,53	75,80	74,69	73,42	**1958**	70,03	68,07	65,61	64,03	59,61
1925	84,77	83,78	82,52	81,72	76,86	**1959**	81,16	79,93	78,37	77,38	74,22
1926	75,50	73,90	71,88	70,59	68,36	**1960**	72,88	71,11	68,87	67,45	63,71
1927	70,16	68,21	65,75	64,18	62,34	**1961**	84,95	83,97	82,73	81,94	77,84
1929	85,70	84,76	83,58	82,83	75,68	**1962**	77,89	76,44	74,62	73,46	70,04
1931	77,94	76,50	74,68	73,52	69,38	**1963**	83,93	82,88	81,56	80,71	77,34
1937	66,33	64,13	61,35	59,58	57,56	**1964**	91,88	91,35	90,68	90,25	86,94
1938	84,25	83,22	81,92	81,09	76,85	**1965**	68,17	66,09	63,47	61,80	58,81
1939	89,92	89,26	88,43	87,90	80,34	**1966**	88,12	87,34	86,36	85,73	78,24
1940	86,54	85,66	84,55	83,84	82,32	**1967**	78,38	76,96	75,18	74,04	72,09
1941	82,88	81,76	80,35	79,45	78,04	**1968**	76,27	74,72	72,76	71,52	67,72
1942	72,33	70,53	68,25	66,79	64,46	**1969**	76,21	74,66	72,70	71,45	69,62
1943	89,00	88,29	87,38	86,68	78,55	**Confiabilidade volumétrica média (%)**	**77,34**	**76,21**	**74,52**	**73,35**	**69,29**
1944	77,27	75,79	73,91	72,72	70,86	**Volume aproveitado corrigido (m³/ano)**	**344,33**	**318,46**	**289,07**	**272,06**	**244,76**
1945	81,87	80,68	79,19	78,23	72,97	**Volume de água comprado* (m³/ano)**	**0,00**	**25,87**	**55,25**	**72,26**	**99,56**
1946	81,78	80,59	79,09	78,13	72,36						

*em relação à opção de volume máximo do reservatório inferior.

Os resultados da confiabilidade volumétrica média e do volume aproveitado corrigido para os possíveis volumes do reservatório de acumulação são apresentados na Tabela 5.11. Nas Figuras 5.5, 5.6 e 5.7 estes resultados podem ser visualizados graficamente.

Tabela 5.11 – Confiabilidade volumétrica média do sistema de captação e volume aproveitado corrigido para os possíveis volumes do reservatório de acumulação.

Padrão	**Volume (m^3)**	**Volume aproveitado em base mensal (m^3/ano)**	**Confiabilidade média**	**Volume aproveitado corrigido (m^3/ano)**
Popular	8,8	89,04	91,18	81,19
	7,7	89,04	89,99	80,13
	6,6	89,04	88,54	78,83
	5,5	89,04	86,83	77,31
	4,4	89,04	84,76	75,46
Médio	22,55	178,07	87,71	156,19
	18,00	170,92	87,65	149,81
	14,00	160,92	87,50	140,80
	10,00	150,92	86,17	130,04
	7,10	141,66	84,37	119,51
Alto	102,29	445,19	77,34	344,33
	75,00	417,90	76,21	318,46
	45,00	387,90	74,52	289,07
	28,00	370,90	73,35	272,06
	10,37	353,27	69,29	244,76

O volume aproveitado corrigido é encontrado multiplicando-se o volume aproveitado em base mensal (obtido do dimensionamento do reservatório de acumulação) e a média da confiabilidade volumétrica. A partir desse novo volume calculado (volume aproveitado corrigido) é feita a análise dos benefícios econômicos do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Analisando a Tabela 5.11, observa-se que para o padrão popular de residências o maior valor obtido para a confiabilidade volumétrica, 91,18%, foi para o reservatório de 8,8 m^3, apresentando um volume anual de água de chuva possível de utilização de 81,19 m^3. Reservatórios de 7,70 m^3 fornecem uma confiabilidade volumétrica de 89,99% e volume de água pluvial de 80,13 m^3/ano. Reservatórios de 6,60 m^3, 5,50 m^3 e 4,40 m^3 fornecem confiabilidades volumétricas de 88,54%, 86,83% e 84,76% e volumes anuais iguais a 78,83 m^3, 77,31 m^3 e 75,46 m^3, respectivamente.

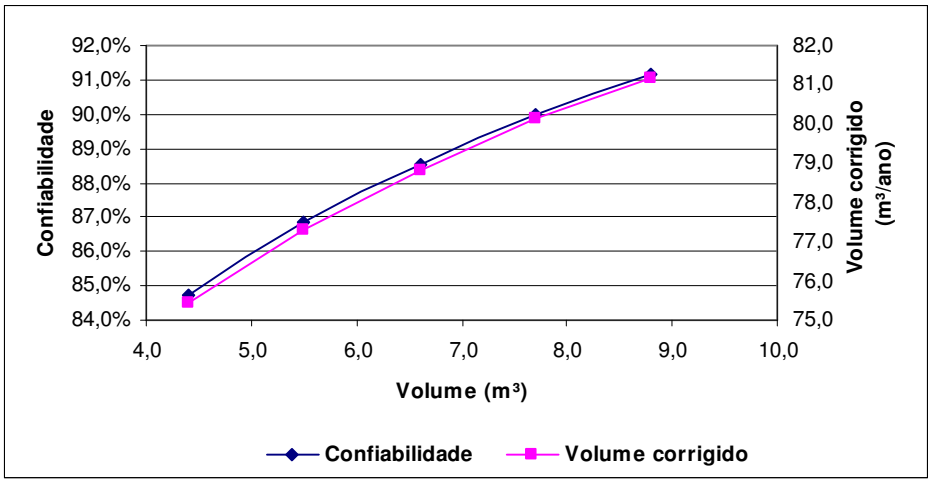


Figura 5.5 – Volume do reservatório x confiabilidade volumétrica x volume aproveitado corrigido para o padrão popular.

Na Figura 5.5 pode-se observar que à medida que o volume do reservatório diminui a confiabilidade do sistema também diminui. Isso ocorre porque quanto menor o volume do reservatório, maior a quantidade de água de chuva disponível que transborda.

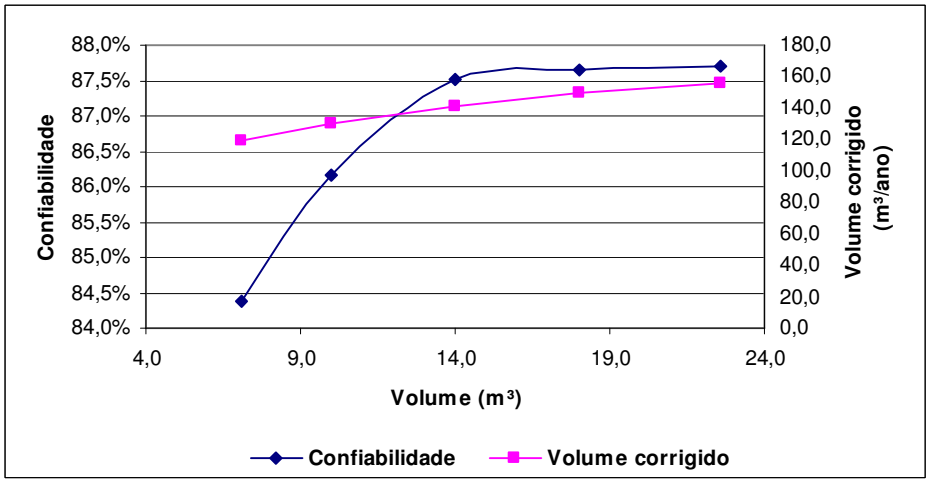


Figura 5.6 – Volume do reservatório x confiabilidade volumétrica x volume aproveitado corrigido para o padrão médio.

Para o padrão médio de residências o maior valor obtido para a confiabilidade volumétrica (87,71%) foi para o reservatório de 22,55 m³, apresentando um volume anual de água de chuva possível de utilização de 156,19 m³. Reservatórios de 18,00 m³ fornecem uma confiabilidade volumétrica de 87,65% e volume de água pluvial de 149,81 m³/ano. Reservatórios de 14,00 m³, 10,00 m³ e 7,10 m³ fornecem confiabilidades volumétricas de 87,50%, 86,17% e 84,37% e volumes anuais iguais a 140,80 m³, 130,04 m³ e 119,51 m³,

respectivamente. Na Figura 5.6 pode-se observar que, assim como para o padrão popular de residências, à medida que o volume do reservatório diminui a confiabilidade do sistema também diminui.

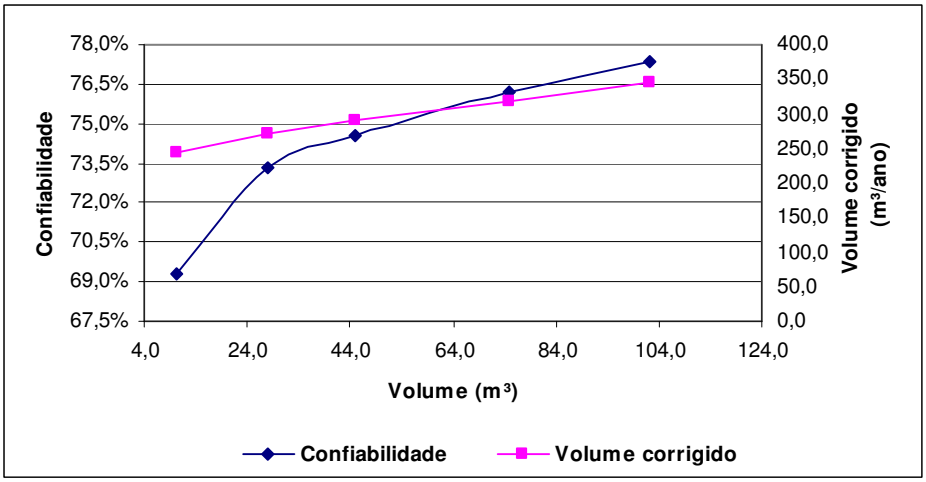


Figura 5.7 – Volume do reservatório x confiabilidade volumétrica x volume aproveitado corrigido para o padrão alto.

De acordo com a Tabela 5.11 e Figura 5.7, para o padrão alto o maior valor obtido para a confiabilidade volumétrica (77,34%) foi para o reservatório de 102,29 m³, apresentando um volume anual de água de chuva possível de utilização de 344,33 m³. Reservatórios de 75,00 m³ fornecem uma confiabilidade volumétrica de 76,21% e volume de água pluvial de 318,46 m³/ano. Reservatórios de 45,00 m³, 28,00 m³ e 10,37 m³ fornecem confiabilidades volumétricas de 74,52%, 73,35% e 69,29% e volumes anuais iguais a 289,07 m³, 272,06 m³ e 244,76 m³, respectivamente. Assim como para os padrões popular e médio, à medida que o volume do reservatório diminui a confiabilidade do sistema também diminui.

5.2.3 Indicadores econômicos do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Foram calculados, para alguns valores possíveis da capacidade do reservatório de acumulação, os indicadores econômicos VPL e razão benefício/custo para uma vida útil do sistema de 20 anos, assim como o período de retorno.

Os indicadores da análise econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva para o padrão popular de residências são apresentados nas Tabelas 5.12, 5.13 e 5.14 e nas Figuras 5.8, 5.9 e 5.10 a seguir.

Tabela 5.12 – Valor presente líquido para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão popular.

Volume (m³)	R$ 1,99 /m³	R$ 3,98 /m³	R$ 5,97 /m³	R$ 7,96 /m³
8,80	-1.218,11	105,67	1.429,46	2.753,24
7,70	-1.140,59	148,61	1.437,82	2.727,02
6,60	-1.064,24	182,79	1.429,81	2.676,83
5,50	-987,35	210,03	1.407,41	2.604,79
4,40	-910,67	226,52	1.363,71	2.500,90

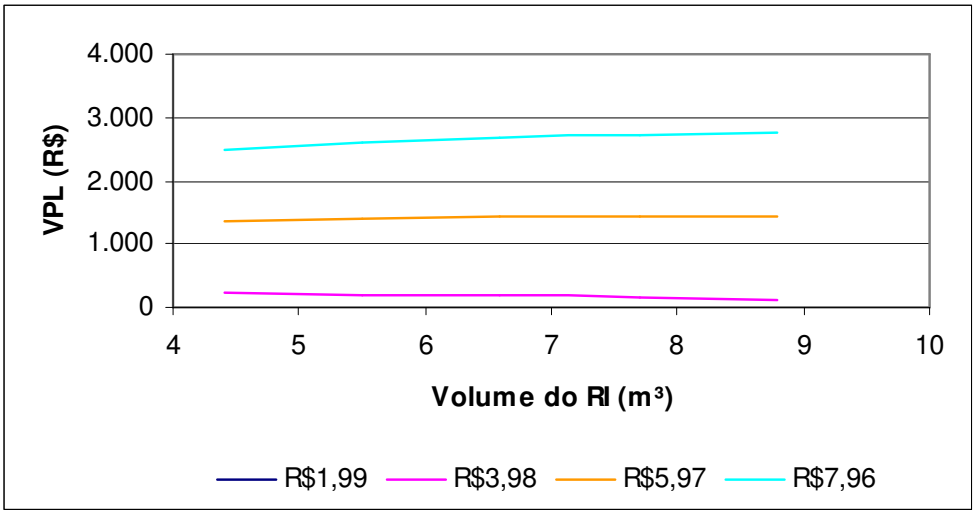


Figura 5.8 – Valor presente líquido para o padrão popular.

Observa-se na Tabela 5.12 e Figura 5.8 que o VPL sofre pequenas variações com o volume do reservatório e que para o padrão popular de residências e atual cenário de tarifas (R$ 1,99 /m³) este indicador econômico foi sempre negativo, denotando a não viabilidade econômica da alternativa. Para tarifa equivalente ao dobro da atual (cenário 2) o VPL tem uma leve tendência de aumentar à medida que o volume do reservatório diminui, sendo igual a R$ 226,52 (duzentos e vinte seis reais e cinqüenta e dois centavos) para o reservatório de 4,40 m³. Num terceiro cenário (cobrança de R$ 5,97 /m³) o maior valor encontrado, R$ 1.437,82 (mil quatrocentos e trinta e sete reais e oitenta e dois centavos), foi para o reservatório de 7,7 m³. Para o quádruplo da atual tarifa (R$ 7,96 /m³, quarto cenário), quanto maior o volume do reservatório, maior será o VPL. Neste cenário, para o volume máximo de armazenamento, o VPL obtido foi igual a R$ 2.753,24 (dois mil setecentos e cinqüenta e três reais e vinte e quatro centavos).

Tabela 5.13 – Benefício/Custo para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão popular.

Volume (m³)	R$ 1,99 /m³	R$ 3,98 /m³	R$ 5,97 /m³	R$ 7,96 /m³
8,80	0,48	1,05	1,61	2,18
7,70	0,49	1,07	1,65	2,23
6,60	0,49	1,09	1,68	2,28
5,50	0,50	1,11	1,71	2,32
4,40	0,50	1,12	1,74	2,36

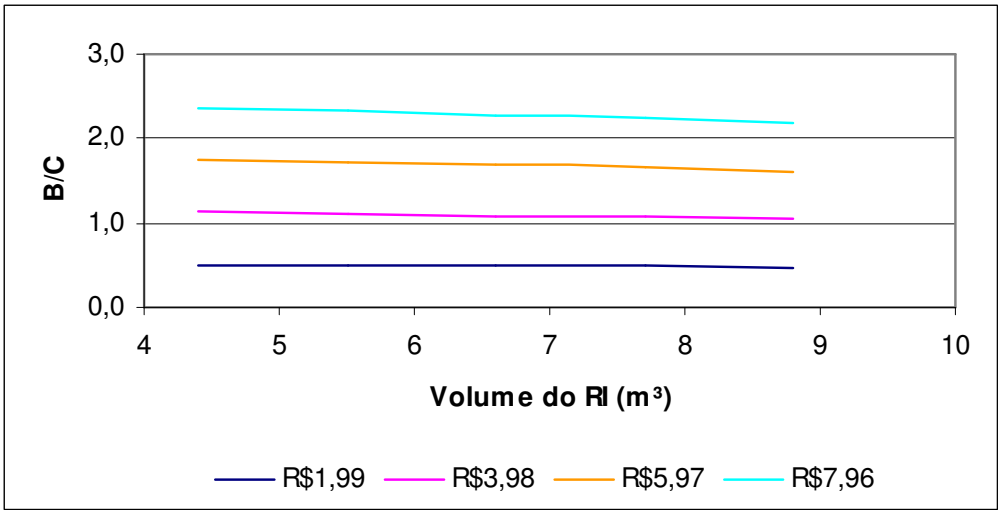


Figura 5.9 – Razão benefício/custo para o padrão popular.

Na Tabela 5.13 e Figura 5.9 são apresentados os resultados para o segundo indicador econômico, a relação beneficio/custo (B/C). Observa-se que esta relação sofre pouca variação para os diferentes volumes do reservatório de acumulação. No atual cenário de tarifas a relação B/C foi sempre menor que zero, o que evidencia a não viabilidade econômica do sistema. Para todos os cenários de cobrança de tarifa o maior valor obtido foi para o reservatório de 4,4 m³, sendo igual a 0,50, 1,12, 1,74 e 2,36 para tarifas de R$ 1,99 /m³, R$ 3,98 /m³, R$ 5,97 /m³ e R$ 7,96 /m³, respectivamente. Observa-se ainda que o valor desta relação aumenta à medida que o volume do reservatório de acumulação diminui e a tarifa de água tende a aumentar.

Tabela 5.14 – Período de retorno para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão popular.

Volume (m³)	R$ 1,99 /m³	R$ 3,98 /m³	R$ 5,97 /m³	R$ 7,96 /m³
8,80	102,69	17,09	7,02	4,59
7,70	99,91	16,05	6,81	4,46
6,60	97,59	15,23	6,61	4,34
5,50	95,60	14,52	6,43	4,23
4,40	94,25	13,96	6,26	4,13

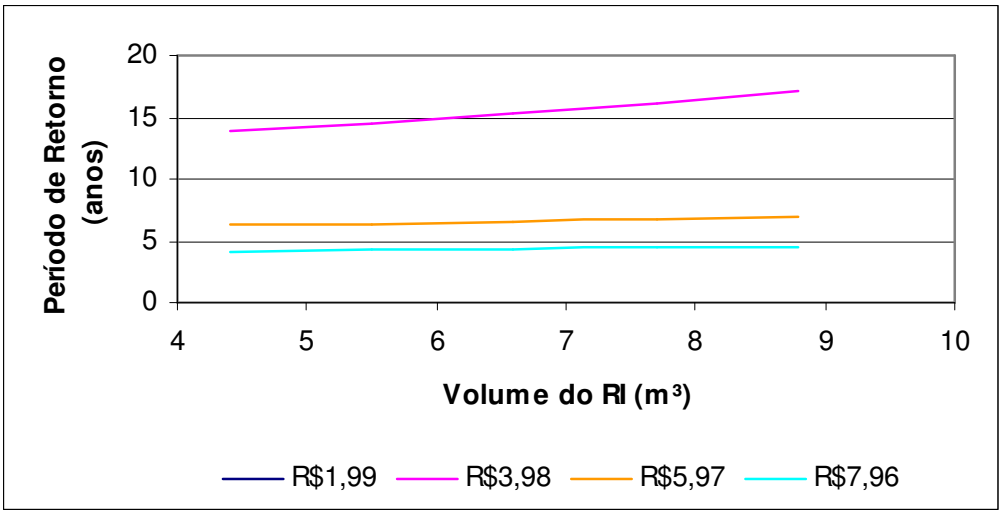


Figura 5.10 – Período de retorno para o padrão popular.

Os resultados do terceiro indicador econômico, período de retorno (PR), são apresentados na Tabela 5.14 e na Figura 5.10. No cenário atual de tarifa o PR do investimento ultrapassa a vida útil do projeto, para todos os volumes do reservatório de acumulação, sendo o melhor resultado, 94,25 anos, encontrado para o reservatório de 4,40 m³. Para os demais cenários de cobrança de tarifa o melhor indicador foi obtido também para os reservatórios de 4,4m³, sendo igual a 13,96, 6,26 e 4,13 anos, para tarifas de R$ 1,99 /m³, R$ 3,98 /m³, R$ 5,97 /m³ e R$ 7,96 /m³, respectivamente. À medida que o volume do reservatório diminui e a tarifa aumenta, o PR diminui.

Os resultados da análise econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva para o padrão médio de residências são apresentados nas Tabelas 5.15, 5.16 e 5.17 e nas Figuras 5.11, 5.12 e 5.13 a seguir.

Tabela 5.15 – Valor presente líquido para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão médio.

Volume (m³)	R$ 2,62 /m³	R$ 5,24 /m³	R$ 7,86 /m³	R$ 10,48 /m³
22,55	-379,56	2.973,57	6.326,70	9.679,83
18,00	-325,98	2.753,03	5.832,03	8.911,03
14,00	-396,60	2.295,66	4.987,92	7.680,17
10,00	-504,64	1725,58	3.955,81	6.186,03
7,10	-663,58	1.114,70	2.892,99	4.671,27

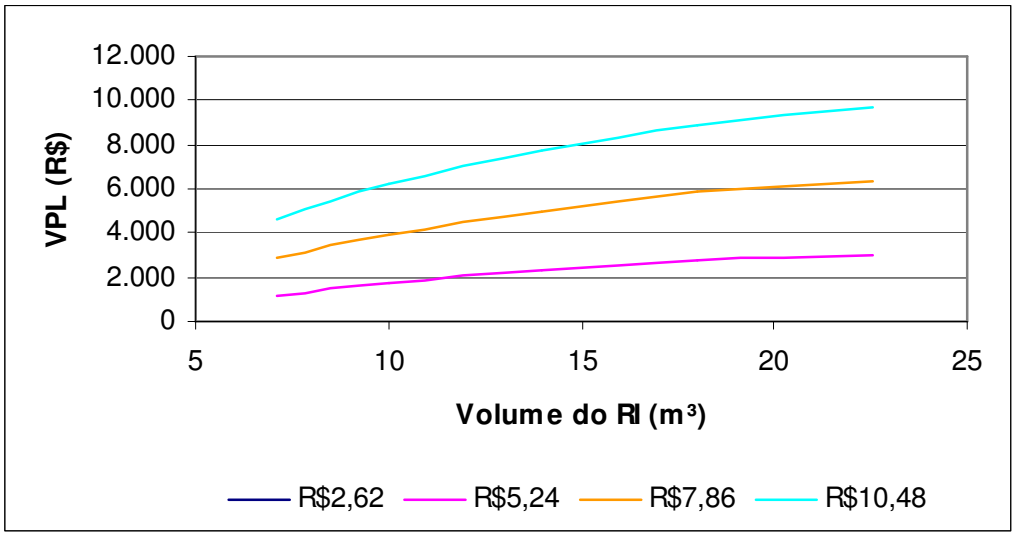


Figura 5.11 – Valor presente líquido para o padrão médio.

Analogamente ao que acontece no atual cenário de tarifas do padrão popular de residências, o VPL foi sempre negativo, denotando a não viabilidade econômica da alternativa. Para o dobro da cobrança de tarifa (cenário 2), o VPL tende aumentar à medida que o volume do reservatório aumenta. O maior valor encontrado neste cenário foi igual a R$ 2.973,57 (dois mil novecentos e setenta e três reais e cinqüenta e sete centavos) para o reservatório de 22,55 m³. Para os cenários 3 (R$ 7,86 /m³) e 4 (R$ 10,48 /m³) este indicador também aumenta à medida que o volume do reservatório aumenta. O maior VPL no cenário 3 é de R$ 6.326,70 (seis mil trezentos e vinte seis reais e setenta centavos) e para o quarto cenário de R$ 9.679,83 (nove mil seiscentos e setenta e nove reais e oitenta e três centavos) ambos para reservatórios se 22,55 m³.

Os resultados da relação B/C para o padrão médio de residências é apresentado na Tabela 5.16 e na Figura 5.12.

Tabela 5.16 – Benefício/Custo para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão médio.

Volume (m³)	R$ 2,62 /m³	R$ 5,24 /m³	R$ 7,86 /m³	R$ 10,48 /m³
22,55	0,89	1,85	2,80	3,76
18,00	0,90	1,86	2,83	3,80
14,00	0,86	1,80	2,74	3,68
10,00	0,80	1,69	2,57	3,46
7,10	0,70	1,50	2,30	3,10

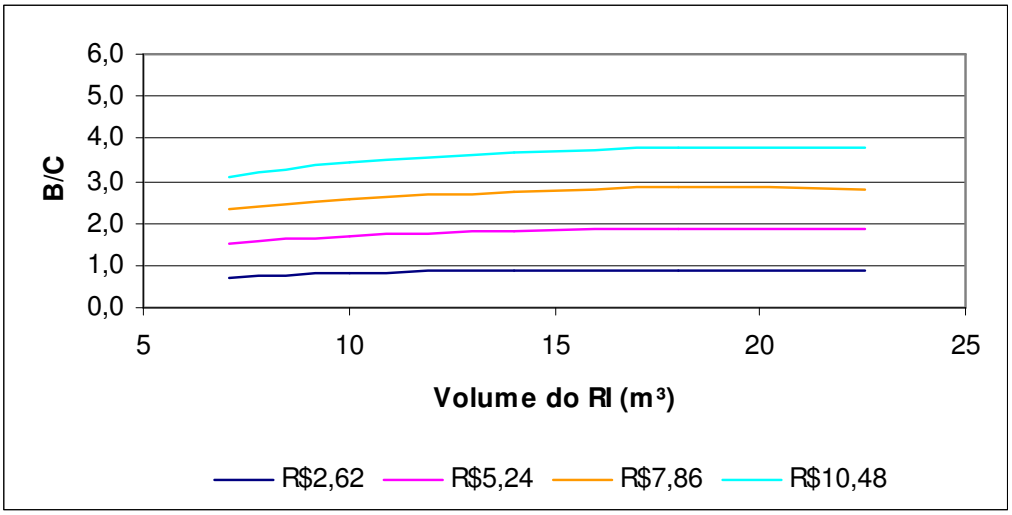


Figura 5.12 – Razão benefício/custo para o padrão médio.

Observa-se que para todos os cenários de cobrança de tarifa a razão B/C foi maior para maiores volumes do reservatório de acumulação, sofrendo uma pequena variação para os reservatórios de 18,00 m³ e 22,55 m³. No atual cenário de tarifas a relação B/C foi sempre menor que zero, o que evidencia a não viabilidade econômica do sistema. O maior valor obtido foi para os reservatórios de 18,00 m³, sendo igual a 0,90, 1,86, 2,83 e 3,80 para tarifas de R$ 2,62 /m³, R$ 5,24 /m³, R$ 7,86 /m³ e R$ 10,48 /m³, respectivamente.

Os resultado do PR para o padrão médio são apresentados na Tabela 5.17 e na Figura 5.13.

Tabela 5.17 – Período de retorno para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão médio.

Volume (m³)	R$ 2,62 /m³	R$ 5,24 /m³	R$ 7,86 /m³	R$ 10,48 /m³
22,55	29,14	5,76	3,34	2,37
18,00	28,60	5,68	3,30	2,34
14,00	32,10	5,97	3,44	2,43
10,00	38,92	6,58	3,71	2,60
7,10	52,07	7,89	4,28	2,95

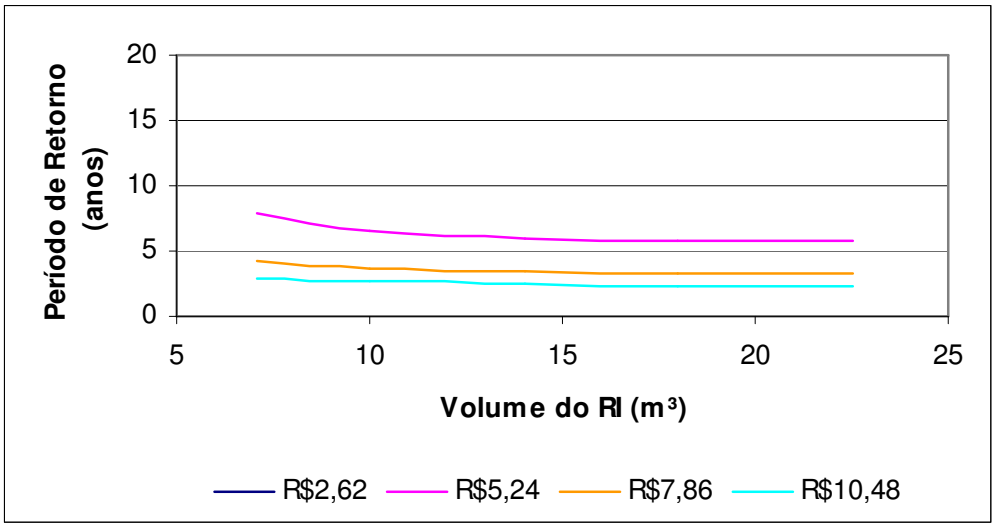


Figura 5.13 – Período de retorno para o padrão médio.

Os resultados do terceiro indicador econômico, PR, para o padrão médio de residências são apresentados na Tabela 5.17 e na Figura 5.13. No cenário atual de tarifa o PR do investimento ultrapassa a vida útil do projeto, para todos os volumes do reservatório de acumulação, sendo o melhor resultado, 28,6 anos, encontrado para o reservatório de 18,00 m³ Para os demais cenários de cobrança de tarifa o melhor resultado para esse indicador também foi obtido para os reservatórios de 18,00 m³, sendo igual a 5,68, 3,3 e 2,34 anos, para tarifas de R$ 5,24 /m³, R$ 7,86 /m³ e R$ 10,48 /m³, respectivamente.

Os resultados da análise econômica para o sistema de aproveitamento de água de chuva para o padrão alto de residências são apresentados nas Tabelas 5.18, 5.19 e 5.20 e nas Figuras 5.14, 5.15 e 5.16 a seguir.

Tabela 5.18 – Valor presente líquido para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão alto.

Volume (m³)	R$ 3,56 /m³	R$ 7,12 /m³	R$ 10,68 /m³	R$ 14,24 /m³
102,29	2.254,00	12.298,04	22.342,07	32.386,11
75,00	1.853,88	10.388,80	18.923,71	27.458,62
45,00	1.563,05	8.383,56	15.204,07	22.024,58
28,00	1.548,21	7376,41	13.204,62	19.032,82
10,37	1.278,17	5.513,68	9.749,19	13.984,69

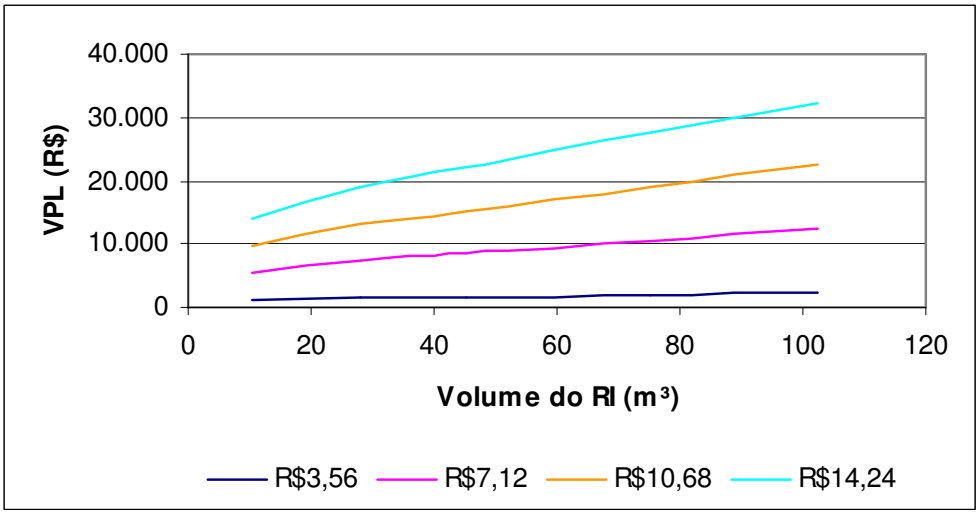


Figura 5.14 – Valor presente líquido para o padrão alto.

Para o atual cenário de tarifas e padrão alto de residências o VPL é, diferentemente dos padrões popular e médio, positivo, porém, apresentando baixo valor máximo (R$ 2.254,00). Analisando a Tabela 5.18 e a Figura 5.14, observa-se que para todos os cenários de cobrança de tarifas o VPL tende aumentar à medida que o volume do reservatório aumenta. Para os cenários de cobrança de tarifa de R$ 7,12 /m³, R$ 10,68 /m³ e R$ 14,24 /m³ o VPL foi de R$ 12.298,04 (doze mil duzentos e noventa e oito reais e quatro centavos), R$ 22.342,07 (vinte dois mil trezentos e quarenta e dois reais e sete centavos), R$ 32.386,11 (trinta e dois mil trezentos e oitenta e seis reais e onze centavos), respectivamente, para reservatórios de acumulação com capacidade de 102,29 m³.

Na Tabela 5.19 e Figura 5.15 são apresentados os resultados para o segundo indicador econômico para o padrão alto de residências, a relação beneficio/custo.

Tabela 5.19 – Benefício/Custo para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão alto.

Volume (m³)	R$ 3,56 /m³	R$ 7,12 /m³	R$ 10,68 /m³	R$ 14,24 /m³
102,29	1,30	2,63	3,96	5,29
75,00	1,29	2,61	3,94	5,27
45,00	1,31	2,67	4,03	5,39
28,00	1,38	2,83	4,27	5,71
10,37	1,47	3,03	4,58	6,14

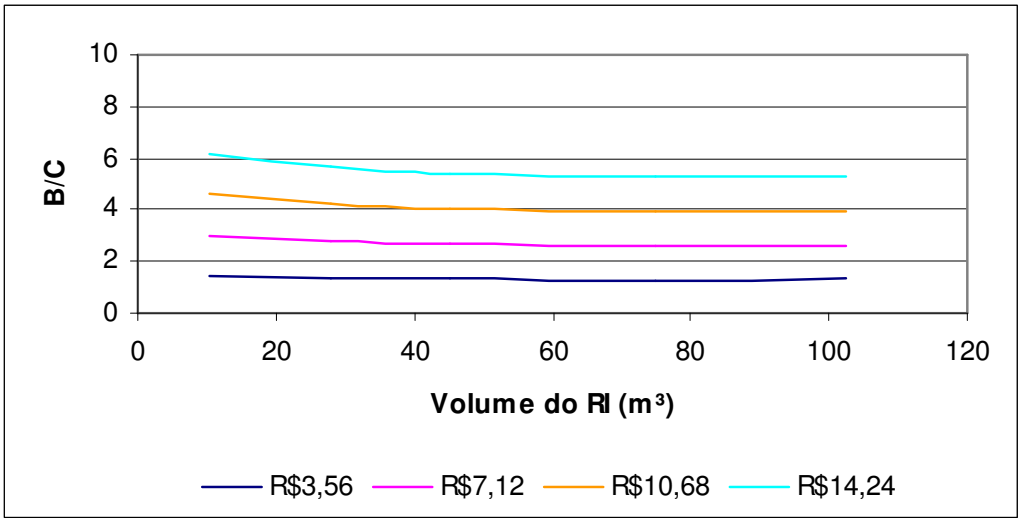


Figura 5.15 – Razão benefício/custo para o padrão alto.

Observa-se na Tabela 5.19 e na Figura 5.15 que, no atual cenário de tarifas a relação B/C foi maior que zero, o que evidencia a viabilidade econômica do sistema. Para todos os cenários de cobrança de tarifa o maior valor obtido para a relação foi encontrado para os reservatórios de 10,37 m³, sendo para igual a 1,47, 3,03, 4,58 e 6,14 para tarifas de R$ 3,56 /m³, R$ 7,12 /m³, R$ 10,68 /m³ e R$ 14,24 /m³, respectivamente.

Na Tabela 5.20 e na Figura 5.16 são apresentados os resultados do PR para residências de padrão alto.

Tabela 5.20 – Período de retorno para alguns valores possíveis do reservatório de acumulação de água de chuva em diferentes cenários de tarifas para o padrão alto.

Volume (m³)	R$ 3,56 /m³	R$ 7,12 /m³	R$ 10,68 /m³	R$ 14,24 /m³
102,29	10,19	3,62	2,23	1,62
75,00	10,36	3,64	2,24	1,62
45,00	9,99	3,55	2,18	1,58
28,00	9,07	3,31	2,04	1,49
10,37	8,17	3,04	1,89	1,38

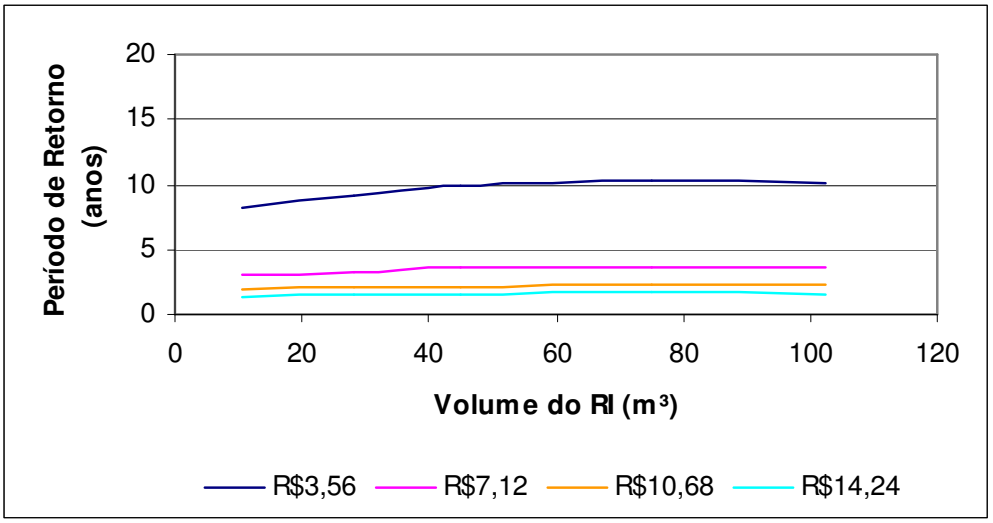


Figura 5.16 – Período de retorno para o padrão alto.

Os resultado para o PR são apresentados na Tabela 5.20 e na Figura 16. No atual cenário de tarifa o PR do investimento é menor do que a vida útil do projeto, para todos os volumes do reservatório de acumulação, o que evidencia a viabilidade do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais. Neste cenário o melhor resultado obtido, 8,17 anos, foi para reservatórios de acumulação de 10,37 m³. Para os demais cenários de cobrança de tarifa o melhor indicador também foi obtido para os reservatórios de 10,37 m³, sendo igual a 3,04, 1,89 e 1,38 anos, para tarifas de R$ 7,12 m³, R$ 10,68 m³ e R$ 14,24 m³, respectivamente.

5.3 Aceitação social

5.3.1 Perfil dos entrevistados

Durante a aplicação dos formulários, buscou-se entrevistar os moradores adultos, obtendo assim, uma maior credibilidade às informações obtidas. A partir dos resultados das entrevistas foram realizadas diversas análises. Estas permitiram avaliar o nível de conhecimento da população com relação à utilização da água de chuva bem como sua aceitação para uso em residências. A relação entre a faixa etária e a escolaridade dos entrevistados é mostrada na Tabela 5.21.

Tabela 5.21 – Relação entre a faixa etária e escolaridade dos entrevistados, João Pessoa, 2006.

Faixa etária	Nível de escolaridade							
	Sem instrução (%)	Fundamental incompleto (%)	Fundamental completo (%)	Médio incompleto (%)	Médio completo (%)	Superior incompleto (%)	Superior completo (%)	Total (%)
0 - 10 anos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 - 20 anos	0,12	0,25	4,00	2,88	1,25	0,75	2,13	11,38
20 - 30 anos	0,13	1,37	6,00	4,38	1,25	7,12	8,25	28,50
30 - 40 anos	0,00	0,25	0,62	2,13	1,50	3,88	7,25	15,63
40 - 50 anos	0,25	0,50	0,13	0,74	1,00	0,88	4,25	7,75
50 - 60 anos	0,00	1,25	0,25	2,50	4,00	2,63	4,50	15,13
60 - 70 anos	0,13	2,63	0,00	0,74	6,25	2,37	3,13	15,25
> 70 anos	0,00	1,50	0,00	0,38	1,63	0,87	2,00	6,38
Total	0,63	7,75	11,00	13,75	16,88	18,50	31,51	100,00

De acordo com a Tabela 5.21 o maior percentual dos entrevistados entre 10–20 anos possui ensino fundamental completo (4%), entre 20–30, 30–40, 40–50, 50–60 e maior de 70 anos possuem nível superior completo com 8,25%, 7,25%, 4,25%, 4,50% e 2,00%, respectivamente, entre 60–70 anos o maior percentual foi com ensino médio completo (6,25%). Verifica-se ainda que 88,62% dos entrevistados são adultos (> de 20 anos) e que exatos 50% dos entrevistados são de alto nível de escolaridade (curso superior incompleto ou completo).

5.3.2 Nível de conhecimento e utilização da população

A partir da amostra calculada através da NBR 5.426, NBR 5.427 e dos resultados encontrados nos dados coletados dos formulários aplicados, pode-se observar na Figura 5.17 o percentual dos entrevistados que têm ou não conhecimento sobre a utilização da água de chuva. A relação entre o bairro e o conhecimento da utilização de águas pluviais é apresentada na Tabela 5.22.

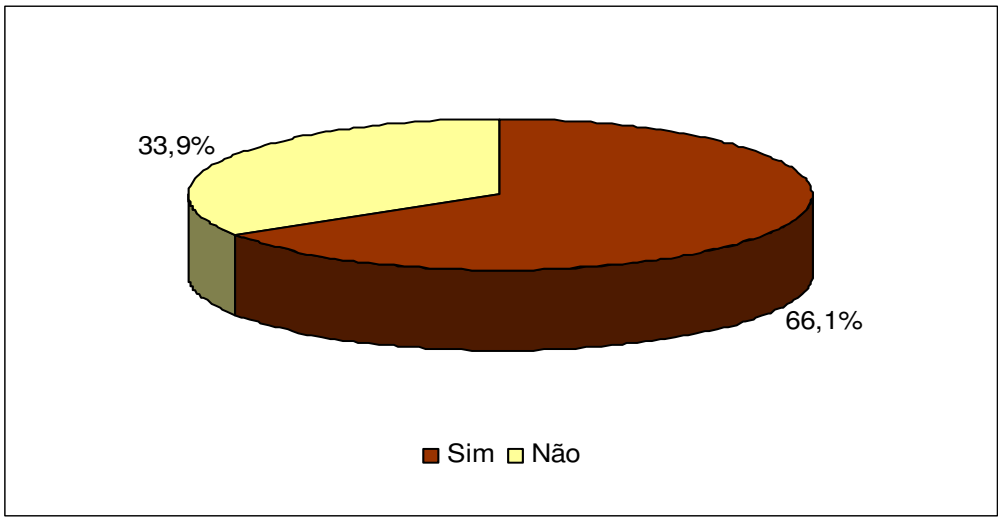


Figura 5.17 – Percentual da população que têm conhecimento sobre a utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006.

Observa-se na Figura 5.17, que 66,1% dos entrevistados declararam ter conhecimento da utilização de águas pluviais em residências, evidenciando que tal alternativa já é do conhecimento da maioria da população pessoensse.

Na Tabela 5.22 observa-se que os bairros dos Bancários, Expedicionários, Funcionários e Jardim Cidade Universitária apresentaram maior percentual (mais de 80%) com relação ao conhecimento sobre a utilização de águas pluviais em residências, sendo estes tipicamente de classe média. O bairro Padre Zé apresenta um menor percentual com relação ao conhecimento da técnica, 66,67%.

A relação entre o conhecimento da utilização da água de chuva e faixa etária é apresentada na Tabela 5.23 e na Figura 5.18.

Tabela 5.22 – Relação entre o bairro e conhecimento sobre a utilização de águas pluviais, João Pessoa, 2006.

Bairro	**Conhecimento (%)**		**Bairro**	**Conhecimento (%)**	
	Sim	**Não**		**Sim**	**Não**
Aeroclube/ Bessa/ Jd. Oceania	73,33	26,67	Jaguaribe	65,00	35,00
Água Fria/ Anatólia/ Jd. São Paulo	63,64	36,36	Jd. Cid. Universitária	82,35	17,65
Altiplano/ Portal do Sol	66,67	33,33	Jd. Veneza	62,50	37,50
Alto do Céu/ São José	68,97	31,03	João Paulo	61,54	38,46
Alto do Mateus	76,19	23,81	José Américo/ Cid. dos Colibris	69,23	30,77
Bancários	92,86	7,14	Manaíra	55,56	44,44
Brisamar/ João Agripino	75,00	25,00	Mandacaru	64,71	35,29
Cabo Branco	50,00	50,00	Mangabeira	60,44	39,56
Castelo Branco	66,67	33,33	Miramar	77,78	22,22
Centro/ Varadouro	61,54	38,46	Monsenhor Magno/ Paratibe/ Gramame	69,23	30,77
Costa e Silva	50,00	50,00	Oitizeiro	60,00	40,00
Cristo Redentor	64,58	35,42	Pd. Zé	33,33	66,67
Cruz das Armas	77,14	22,86	Pedro Gondim	75,00	25,00
Cuiá/ E. Geisel	68,18	31,82	Roger	46,15	53,85
Distrito	50,00	50,00	Tambaú	70,00	30,00
Ernani Sátiro	54,55	45,45	Tambauzinho	50,00	50,00
B. dos Estados	77,78	22,22	Tambiá	66,67	33,33
Expedicionários	80,00	20,00	Torre	58,33	41,67
Funcionários	80,95	19,05	Treze de Maio	50,00	50,00
Grotão	71,43	28,57	Trincheiras	58,33	41,67
Ilha do Bispo	62,50	37,50	Valentina/ Pl. Boa Esperança	66,67	33,33
B. das Indústrias	60,00	40,00	Varjão	68,00	32,00
B. dos Ipês	78,57	21,43			

Tabela 5.23 – Percentual dos entrevistados que têm conhecimento da utilização da água de chuva de acordo com a faixa etária.

Faixa etária	**Conhecimento (%)**		
	Sim	Não	Total
0-10	0,00	0,00	0,00
10 a 20	8,63	2,75	11,38
20-30	20,87	7,63	28,50
30-40	11,88	3,75	15,63
40-50	5,75	2,00	7,75
50-60	8,63	6,50	15,13
60-70	7,25	8,00	15,25
>70 anos	3,12	3,26	6,38
Total	66,1	33,9	100,0

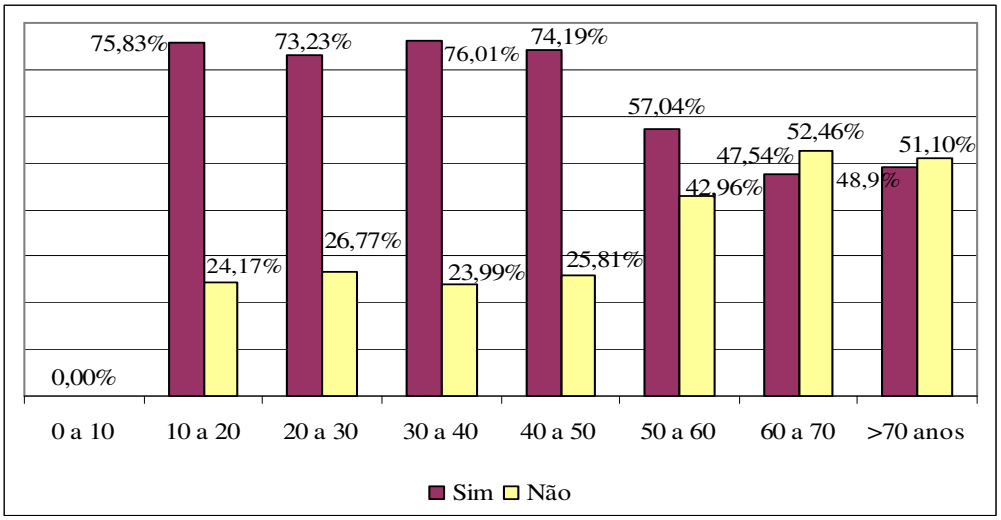


Figura 5.18 – Percentual dos entrevistados, em relação ao total do grupo (faixa etária), que tem conhecimento da utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006.

Com relação a variável "idade", observa-se na Figura 5.18 que o maior percentual do conhecimento da utilização das águas pluviais é encontrado nas pessoas que têm entre 30–40 anos (76,01%), 75,83% entre 10–20, 74,19% entre 40–50, 73,23% entre 20–30, 57,04% entre 50–60, 48,90% são maiores de 70 anos e 47,54% têm entre 60 e 70 anos. Assim, observa-se que houve uma leve tendência de diminuição do conhecimento da utilização de águas pluviais em residências com esta variável. O coeficiente de correlação (dados agrupados) entre o percentual de entrevistados que declararam ter conhecimento da utilização de águas pluviais em residências e a idade é igual a 0,90, que é um valor elevado, evidenciando associação entre as variáveis consideradas (Figura 5.19).

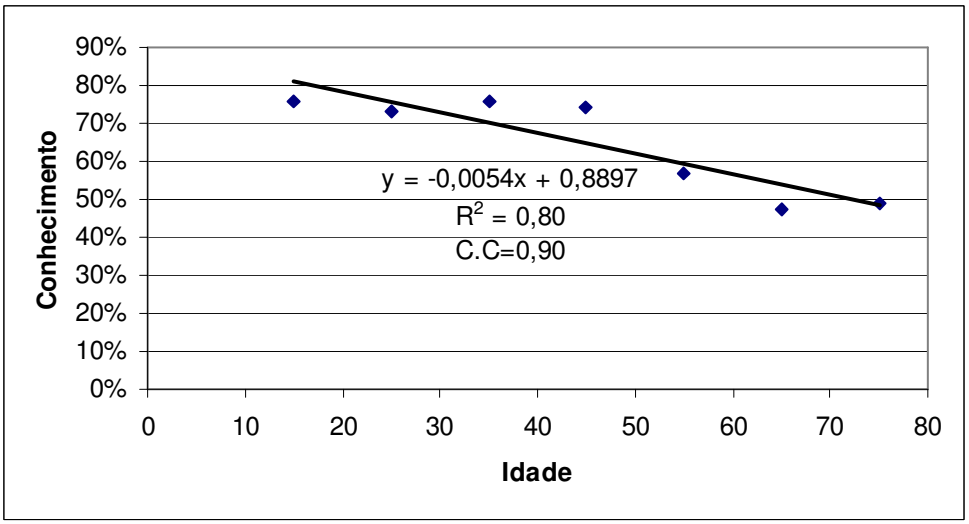


Figura 5.19 – Coeficiente de correlação entre o percentual de entrevistados que declararam ter conhecimento da utilização de águas pluviais em residências e a variável idade.

A relação entre o conhecimento da utilização da água de chuva e escolaridade é apresentada na Tabela 5.24 e na Figura 5.20.

Tabela 5.24 – Percentual dos entrevistados que têm conhecimento da utilização da água de chuva de acordo com o nível de escolaridade.

Grau de escolaridade	**Conhecimento (%)**		
	Sim	Não	Total
Sem instrução	0,50	0,13	0,63
Fundamental incompleto	3,12	4,63	7,75
Fundamental completo	8,37	2,63	11,00
Médio incompleto	8,88	4,87	13,75
Médio completo	9,63	7,25	16,88
Superior incompleto	15,62	2,88	18,50
Superior completo	19,98	11,52	31,50
Total	66,1	33,9	100,0

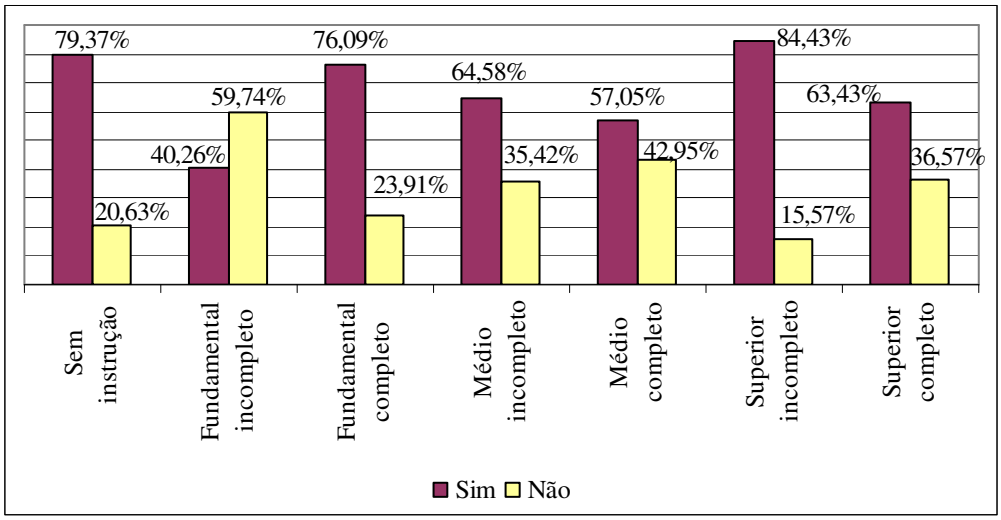


Figura 5.20 – Percentual dos entrevistados, em relação ao total do grupo (nível de escolaridade), que tem conhecimento da utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006.

Observa-se na Figura 5.20 que não há uma tendência de relação entre o conhecimento da utilização de águas pluviais em residências e o nível de escolaridade, as classes que apresentaram maiores percentuais de conhecimento da técnica referida foram a "sem instrução" (79,37%) e a "superior incompleto" (84,43%).

Do percentual que tem conhecimento da utilização de águas pluviais (66,1%), o percentual dos que utilizam é apresentado na Figura 5.21.

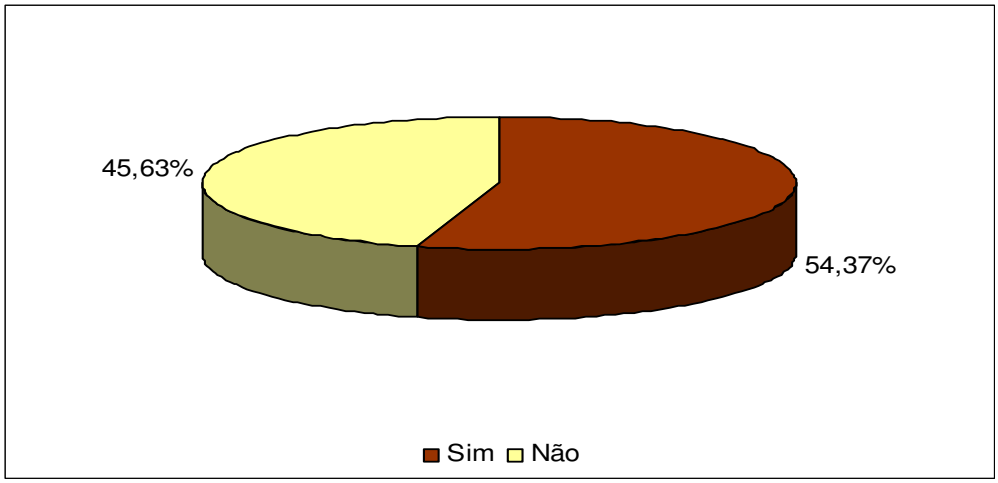
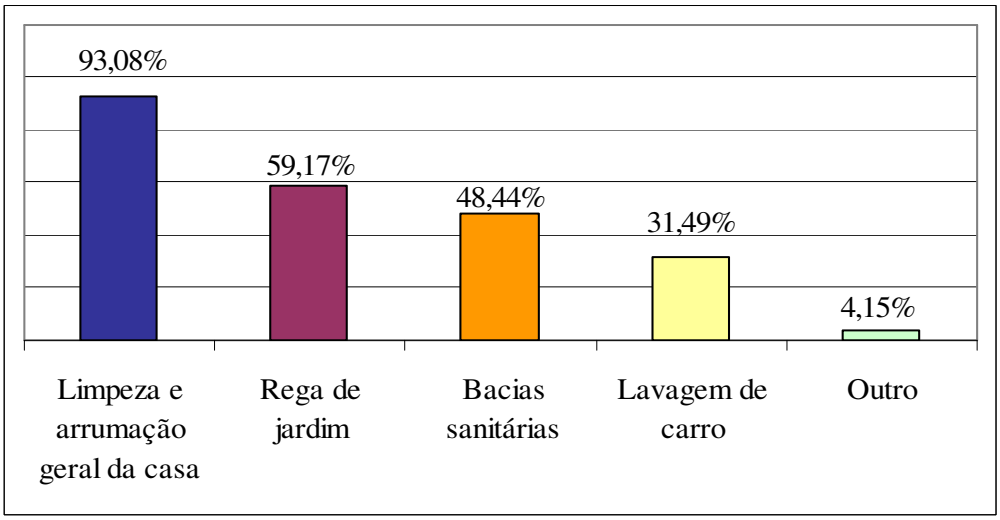


Figura 5.21 – Percentual da população que utiliza água de chuva, João Pessoa, 2006.

Do percentual que tem conhecimento da utilização de águas pluviais (66,1%), os que utilizam são 54,37% (35,94% do total), sendo que, em 99,65% desses casos (35,81% do total), a água que escoa pelo telhado é armazenada diretamente em baldes ou bacias plásticas, as quais são utilizadas sem nenhum tratamento.

Os locais onde as águas pluviais são utilizadas e os motivos do não tratamento destas podem ser observados nas Figuras 5.22 e 5.23, respectivamente.



Figuras 5.22 – Locais onde as águas pluviais são utilizadas, João Pessoa, 2006.

Na Figura 5.22 observa-se que do percentual dos que fazem uso da água de chuva, 93,08% (33,45% do total) a utiliza na limpeza e arrumação geral da casa, 59,17% (21,26% do total) na rega de jardins, 48,44% (17,41% do total) em bacias sanitárias, 31,49% (11,32% do total) na lavagem de automóveis e 4,15% (1,49% do total) em outras finalidades, dentre elas, lavagem de pratos e roupas.

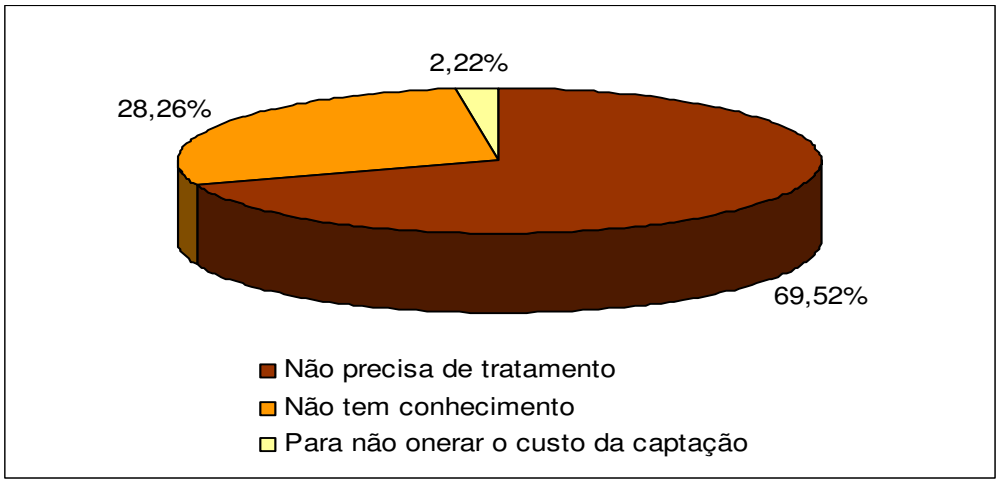


Figura 5.23 – Motivo de não fazer tratamento antes de utilizar água de chuva, João Pessoa, 2006.

De acordo com a Figura 5.23, das pessoas que utilizam águas pluviais, 69,52% (24,98% do total) exercem a prática da captação de águas pluviais em suas residências sem tratamento por acharem que para os fins utilizados não precisam desse procedimento. São 28,26% (10,16% do total) os que não fazem o tratamento porque não tem conhecimento e 2,22% (0,8% do total) para não onerar o custo do aproveitamento.

Do percentual que tem conhecimento da utilização de águas pluviais em residências (66,1%), 45,63% (30,16% do total) não utilizam esta técnica. Os motivos da não utilização da água de chuva são apresentados na Figura 5.24.

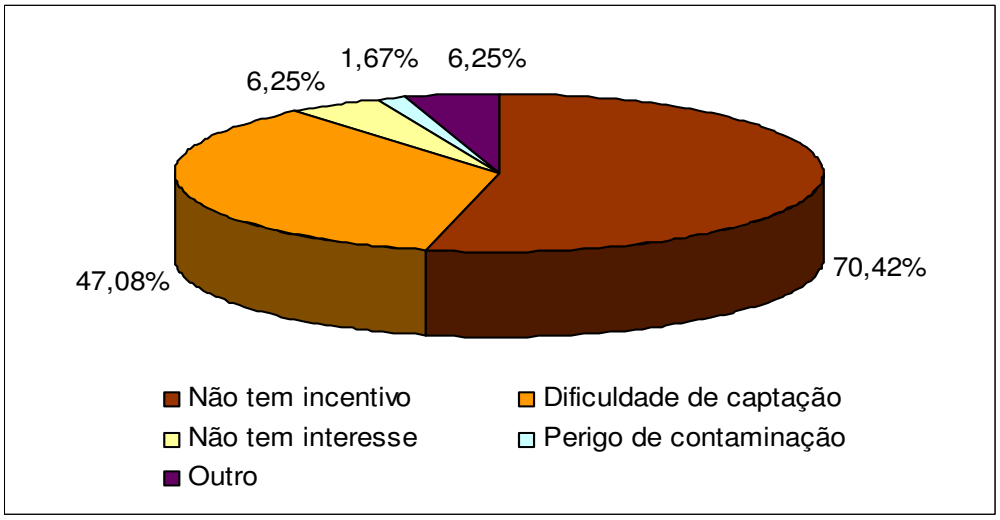


Figura 5.24 – Motivo da não utilização da água de chuva, João Pessoa, 2006.

Como mostrado na Figura 5.24, 70,42% (21,24% do total) responderam que não a utilizam por não terem nenhum tipo de incentivo, 47,08% (14,20% do total) pela dificuldade

de captação, 6,25% (1,88% do total) por não terem interesse, 1,67% (0,50% do total) perigo de contaminação e 6,25% (1,88% do total) por outros motivos.

Das pessoas que não têm conhecimento da utilização das águas pluviais (33,9%), o percentual das que utilizariam é apresentado na Figura 5.25.

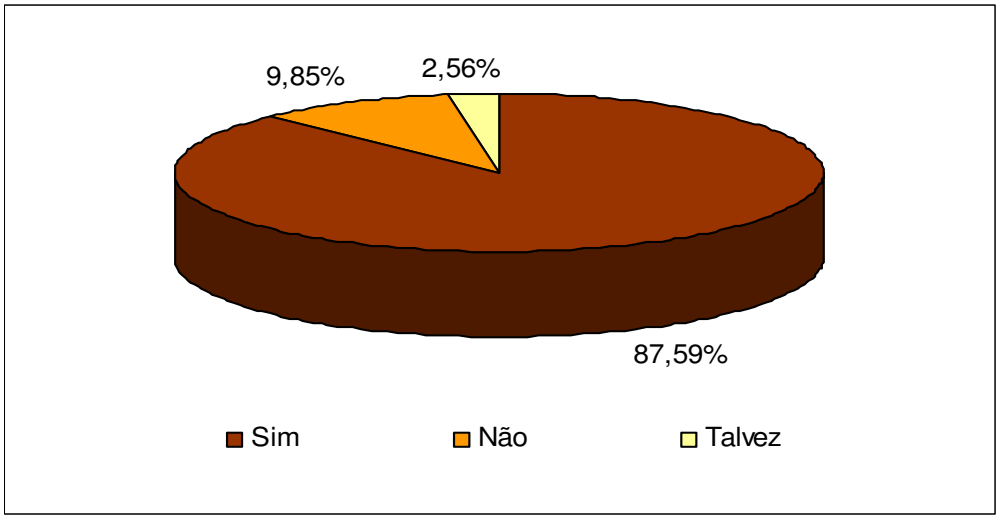
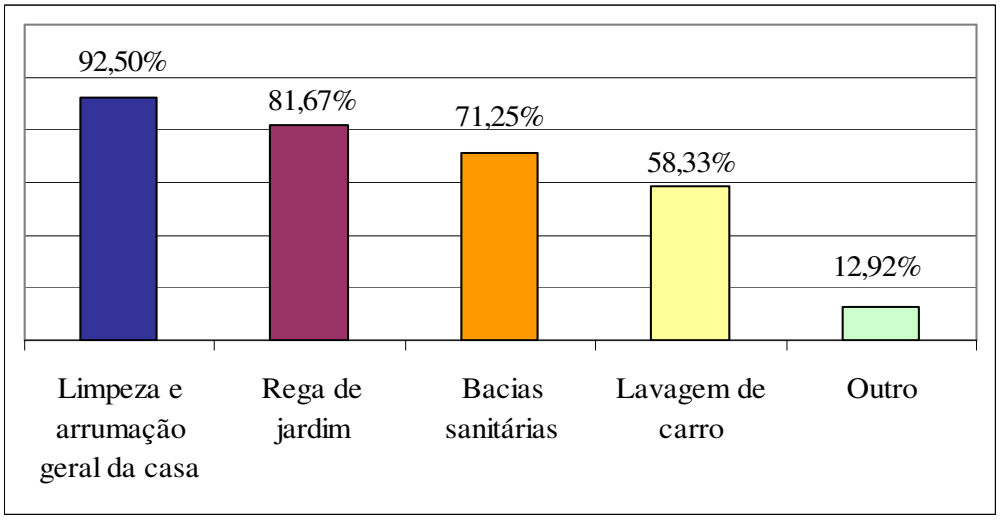


Figura 5.25 – Percentual dos entrevistados que utilizariam águas pluviais, João Pessoa, 2006.

Observa-se na Figura 5.25 que, dos 33,9% que não têm conhecimento da utilização da água de chuva, 87,59% (29,69% do total) a utilizariam em suas residências, 9,85% (3,34% do total) não utilizariam e 2,56% (0,87% do total) condicionam sua utilização.

Do percentual que responderam que utilizariam águas pluviais em suas residências (87,59%), os locais onde estas seriam mais utilizadas podem ser observados nas Figuras 5.26.



Figuras 5.26 – Locais onde as águas pluviais poderiam ser utilizadas, João Pessoa, 2006.

Na Figura 5.26, observa-se que 92,50% (27,47% do total) utilizariam águas pluviais na limpeza e arrumação geral da casa, 81,67% (24,25% do total) rega de jardins, 71,25% (21,16% do total) em bacias sanitárias, 58,33% (17,32% do total) na lavagem de automóveis e 12,92% (3,84% do total) em outros usos, tais como lavagem de roupas e pratos, banho.

Dos 9,85% (3,34% do total) que não utilizariam águas pluviais; destes 47,06% (1,57% do total) justificam a não utilização através da dificuldade de captação, 38,24% (1,28% do total) a falta de incentivo, 11,76% (0,39% do total) o perigo de contaminação, 8,82% (0,29% do total) não expressam interesse com relação ao método e 8,82% (0,29% do total) outras opções.

6 CONCLUSÕES

A média do total anual em João Pessoa é 1.745,83 mm/ano e a partir do levantamento do potencial aproveitamento de água de chuva para uso residencial na área urbana de João Pessoa, foi possível concluir que o aproveitamento de águas pluviais é possível obtendo um volume de água que atende 84,62% de demanda por água não potável para residências de padrão popular, 87,65% para o padrão médio e 89,63% para o padrão alto. Essa prática contribuiria para a redução no consumo de água tratada para fins não potáveis de 81,19, 156,19, 344,33 m³ por ano em residências de padrão popular, médio e alto respectivamente, trazendo melhorias ao meio ambiente e redução no custo de tratamento e distribuição de água através de sistemas públicos.

O reservatório inferior foi o componente de maior custo em cada sistema de aproveitamento de água de chuva. Isto ocasionou elevados custos de implantação dos sistemas.

Para o atual cenário de tarifas, as economias obtidas com a utilização de águas pluviais não foram suficientes para cobrir os custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas para os padrões popular e médio de residências, sendo economicamente viável apenas para o padrão alto.

No entanto, para cenários futuros de tarifas aqui considerados, o aproveitamento de água de chuva em residências seria alternativa economicamente viável qualquer que seja o padrão de residências.

Para o padrão popular, reservatórios de acumulação com capacidade reduzida, resultam em maiores razões benefício/custo e menores períodos de retorno. Já o valor presente líquido tende a aumentar à medida que maiores volumes de água de chuva são utilizados. Considerando os prováveis aumentos que a água sofrerá nos próximos anos, se quisermos recuperar o capital investido no sistema em menos tempo a melhor opção é construir reservatórios com capacidade reduzida, mas se pensarmos em longo prazo,

reservatórios com maiores capacidades de armazenamento nos darão um maior retorno do investimento financeiro.

Para o padrão médio de residências, reservatórios com volumes de acumulação intermediários (18m³), resultam em maiores razões benefício/custo e menores períodos de retorno. Em cenários futuros os maiores VPL alcançados são para maiores capacidades dos reservatórios de acumulação.

Entretanto, embora não se tenha indicadores econômicos atrativos para o cenário atual, deve-se considerar que os possíveis aumentos que a água sofrerá nos próximos anos irão diminuir o período de retorno e aumentar o benefício/custo e o VPL.

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 água não potável e da tarifa ser maior. Para o padrão alto de residências, reservatórios com maiores capacidades de armazenamento fornecem um maior retorno do investimento financeiro para qualquer que seja o cenário da cobrança de tarifas.

Com relação à aceitação da população ao aproveitamento da água de chuva observou-se que mais da metade da população de João Pessoa tem conhecimento da utilização das águas pluviais em residências, sendo que mais de um terço a utiliza. Somando-se o percentual das pessoas que já utilizam águas pluviais com aquele relativo às pessoas que utilizariam águas pluviais em residências caso tivessem conhecimento da opção, a parcela de utilização aumentaria para quase dois terços (65,63%) dentre a população pessoense, demonstrando um alto nível de aceitação da opção.

Não existe relação entre o grau de escolaridade e o conhecimento da técnica de captação e utilização de águas pluviais em residências de João Pessoa. Porém, existe uma leve tendência de decréscimo do nível de conhecimento da referida opção em função do aumento da idade das pessoas.

Cerca de um quarto da população pessoense utiliza águas pluviais em suas residências sem tratamento algum por acharem que para os fins utilizados as águas de chuva não precisam de tratamento, sendo os principais usos destas para a limpeza e arrumação geral da casa e rega de jardins.

Os principais motivos declarados por aqueles que não utilizam ou não utilizariam águas pluviais em suas residências foram a falta de incentivo, dificuldade de captação e falta de interesse com relação à técnica.

Fica assim demonstrada a viabilidade técnica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa sendo, no entanto demonstrado que sua

viabilidade econômica ocorre apenas para valores de tarifas de água à cima daquela atualmente praticada.

REFERÊNCIAS

ABBAS, M. Z. M. Técnicas quimiométricas na avaliação da água das chuvas em Cubatão. Dissertação de mestrado.USP, Piracicaba, São Paulo, 1989.

ADENE – Agência de Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em <http://www.adene.gov.br/ixpress/pluviometria/plv/index.dml> Acesso em 06 de fevereiro de 2006.

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/UsosMultiplos/seca2.asp>. Acesso em 11 de Julho de 2006.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br> Acesso em 02 de maio de 2006.

ARMAND, D. L'eau en Danger. Collection Les Essentiels Milan, Paris. 1998.

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

_____. NBR 13969 Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

_____. NBR 5.426 Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos. Rio de Janeiro, 1985a.

_____. NBR 5.427 Guia de Utilização da Norma 5.426 – Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos. Rio de Janeiro, 1985b.

BANCO MUNDIAL. Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1998.

BETH-SHALOM. Disponível em: <http://www.beth-shalom.com.br/artigos/massada.shtml>. Acesso em 29 de maio de 2006.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Disponível em <http://www.bndes.gov.br/social/saneamento.asp> Acesso em 20 de julho de 2006.

BOTELHO, M. H. C. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1985. 233p.

BRAGA, C. F. C., RIBEIRO, M. M. R. Captação de Água de Chuva para Campina Grande-PB: A Opinião da Sociedade. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, 3. Campina Grande, 2001. Anais eletrônicos... Disponível em: <http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/3simposio/frame.htm>. Acesso em 06 out. 2005.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba. Disponível em <http://www.cagepa.pb.gov.br/index.shtml> Acesso em 18 de setembro de 2006.

CAMPOS, M. A. S.; HERNANDES, A. T.; AMORIN, S. V. de A. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1. São Paulo, 2004. Anais eletrônicos... Disponível em: <http://www.ecossistemas.net/Ecodesign/Ferramentas_tecnologia/Tecnologias_apropriadas/tecno 02_agua_pluvial_casa.pdf>. Acesso: 20 ago. 2005.

CHENG, C. L. Rainwater use system in building design. In: CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro. Proceedings. CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro, v.1, p. D4¯1D1¯13, 2000.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L.W. Applied hydrology. New York, McGraw-Hill, 1988. 572p.

CIOCCHI, L. Para utilizar água de chuva em edificações. Revista Téchne, n 72, p. 58-60, março de 2003.

CONCEIÇÃO, F. T. da; BONOTTO, D. M. Weathering rates and anthropogenic influences in a sedimentary basin, São Paulo State, Brazil. Applied Geochemistry, v.19, p.575-591, 2004.

CREDER, H. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. LTC: Rio de Janeiro, 2006.

FALKENBERG, A. V. Previsão de Consumo Urbano de Água em Curto Prazo. Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, 2005.

FENDRICH, R. Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. 2002. 263p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FENDRICH, R; OLIYNIK, R. Manual de utilização das águas pluviais – 100 maneiras práticas. 1ª ed. – Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 2. - Contribution of formic and acetic acids. Atmospheric Environment 37, p.117-128, 2003.

FREITAS, M.; COIMBRA, R. Perspectivas da Hidrometeorologia no Brasil. ANEEL, Brasília, CD-ROM, 1998.

GOMES, H. P. Eficiência hidráulica e energética em saneamento: Análise econômica de projetos. Rio de Janeiro: ABES. ISBN: 85–7022– 47–9. 114p, 2005.

GOOD, J. C. Roof runoff as a diffuse source of metals and aquatic toxicity in storm water. Wat. Sci. Tech. 28, p. 317-321, 1993.

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. Rainwater catchment systems for domestic suplly: Design, constructions andimplementation. Londes: ITDG Plublishing, 1999.

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da água da chuva. Curitiba: Organic Trading, 2002.

IBGE. Censo – 2000, Rio de Janeiro, 2001.

_____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, Rio de Janeiro, 2001.

_____. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, Rio de Janeiro, 2002.

IWANAMI, H. Rainwater utilization systems in building. CIB W62 Symposium water supply and drainage for building, Tokyo. 1985

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R. Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis - SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2005. CD-ROM.

KEMPER, K. O Custo da Água Gratuita: Alocação e Uso dos Recursos Hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste Brasileiro. 1ª edição. Linkoping, Linkoping Studies in Arts and Science, 1997.

KREJCI, V.; SCHILLING, W.; GUJER, W. Aims and tasks of urban drainage (in German). Mitteilungen der EAWAG, Zurich, 29, p. 1-10, 1990.

LAKATOS,E. M., MARCONI, M. A. Metodologia do Trabalho Científico: Procedimentos Básicos, Pesquisa Bibliográfica, Projeto e Relatório, Publicações e Trabalhos Científicos. 6.ed. – São Paulo: Atlas, 2001.

LESCHBER, R.; PERNAK, K. D.; ZIMMERMANN, U. Investigation of the behaviour of inorganic and organic substances during infiltration of rain runoff (in German). Stadtentwasserung und Gewasserschutz, 4, p. 169-188, 1991.

LIMA, J. E. F. W. Determinação e simulação da evapotranspiração de uma bacia hidrográfica do Cerrado. Dissertação de Mestrado, 75p. FAV/UnB, Brasília, 2000.

LUCA, S. J. de; MILANO, L. B.; IDE, C. N. Rain and urban storm water quality. Water Science Technology, vol. 23, p. 133-140, 1991.

MACINTYRE, A. J. Manual de instalações hidráulicas e sanitárias. Ed. LDC. 1990.

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

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. Reuso de água: 1. ed. Barueri,SP: Manole, 579p., 2003.

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

MELLO, W. Z. de.; ALMEIDA, M. D. de. Rainwater chemistry at the summit and southern flank of the Itatiaia massif, Southeastern Brazil. Environmental Pollution 129, p.63-68, 2004.

MIGLIAVACCA, D. *et al*. Study of chemical elements in atmospheric precipitation in South Brazil. Atmospheric Environment 38, p.1641-1656, 2004.

MOC – Movimento de Organização Comunitária Disponível em <http://www.moc.org.br/not_20050315b.htm> Acesso em 29 de maio de 2006.

MOREIRA, M. D. D. Reciclagem de águas servidas em edifícios e similares. Dissertação de mestrado. Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

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

NÓBREGA, R. L. B.; ALENCAR, M. do S. F.; GALVÃO, C. de O. Um sistema para captação de água de chuva em áreas urbanas. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, Teresina/PI, 14 de Julho de 2005.

OLIVEIRA, J. I.; FILHO, M. L. Caracterização do consumo per capita de água na cidade do Natal: uma análise socioeconômica. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22. Joinville, Santa Catarina, 2003. CD-ROM.

PEREIRA JÚNIOR, J. de S. Recursos hídricos – conceituação, disponibilidade e usos. Câmara dos Deputados, Brasília – DF. 2004. Disponível em: www.camara.gov.br/internet/diretoria/Conleg/Estudos/2004_2687.pdf. Acesso em 11 abr. 2006.

QUERIDO, J. G. Caracterização da "cota per capita" de consumo de água de abastecimento público em função da classe social consumidora. In: SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9. Porto Seguro, Bahia, 2000. CD-ROM.

REBOUCAS, A. da C. Água e desenvolvimento rural. *Estud. av.*, Sept./Dec. 2001, vol.15, no.43, p.327-344. ISSN 0103-4014.

ROCHA, A. L; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio E1. Ministério do Planejamento e Orçamento: Brasília, 1998.

ROCHA, F. R. *et al*. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 1. Major inorganic ions in rainwater as evaluated by capillary electrophoresis with contact less conductivity detection. Atmospheric Environment 37, p.105-115, 2003.

SHINODA, T. Comparative study on surface runoff by stormwater infiltration facilities. In: Drainage systems and runoff reduction. Proceedings of the Fifth International Conference on Urban Storm Drainage, Osaka, 2, Iwasa, Y. and Sueishi, T (eds), p. 783-788, 1990.

SICKERMANN, J. M. Gerenciamento das águas pluviais nas cidades brasileiras. In: Simpósio Brasileiro – ABCMAC, 4. Juazeiro/BA, 09 a 11 de julho de 2003.

SILVA, R., CONEJO, J. G. L. Indicadores de perdas nos sistemas públicos de abastecimento. Brasília, 1998.

SOUSA, J. T. de; LEITE, V. D. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2002. 103p.

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

_____. Conservação da água. 1. ed. São Paulo: Parma, 1998.

_____. Previsão de consumo de água: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. Navegar: São Paulo, 2000.

TORDO, O. C. Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis. Dissertação mestrado. Universidade Regional de Blumenau - FURB. 2004.

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

UNESCO. Disponível em <http://www.unesco.org> Acesso em 05 de junho 2006.

UNIAGUA – Universidade da água. São Paulo. Disponível em <http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm> Acesso em 11 de abr. 2006.

VACCARI, K. P. *et al*. Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2005. CD-ROM.

VEROYFERDEVIAJE. Disponível em: <http://veroyferdeviaje.tripod.com/grecia.htm> Acesso em 29 de maio de 2006.

WARWICK – The University of Warwick. Disponível em <http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh> Acesso em 13 de junho 2006.

WIKIPÉDIA – Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pedra_Moabita#Transcri.C3.A7.C3.A3o_em_portugu.C3.AAs_da_Pedra_Moabita_.28em_revis.C3.A3o.29> Acesso em: 29/05/2006.

YASSUDA E. R. *et al*. Técnica de abastecimento e tratamento de água. CETESB, São Paulo, 1976.

ZILLICH, G. Requirements for rainwater in Lower Saxony (in German). Berichte der Abwassertechnischen Vereinigung, 41, p. 609-613, 1991.

Apêndice A – Formulário

Universidade Federal da Paraíba
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU
Mestranda: Isabelly Cícera Souza Dias

1. Bairro: _____

1.1 Tipo do Imóvel: ( ) Casa ( ) Apartamento

2. Idade:
( ) 0 – 10 anos ( ) 10 – 20 anos ( ) 20 – 30 anos ( ) 30 – 40 anos
( ) 40 – 50 anos ( ) 50 – 60 anos ( ) 60 – 70 anos ( ) maior de 70 anos

3. Escolaridade:
( ) Sem Instrução ( ) Fundamental incompleto ( ) Fundamental completo ( ) Médio incompleto
( ) Médio completo ( ) Superior incompleto ( ) Superior completo

4. Você tem conhecimento sobre a utilização da água de chuva?
( ) Sim

4.1 Você utiliza água de chuva?
( ) Sim

Caso sim (Item 4.1):

4.1.1 Onde esta água é utilizada?
( ) Lavagem de carro
( ) Rega de jardim
( ) Limpeza e arrumação geral da casa
( ) Bacias sanitárias
( ) Outro: _____

4.1.2 Como você capta esta água?
_____

4.1.3 Você faz algum tratamento nesta água?
( ) Sim ( ) Não

Caso sim (Item 4.1.3):

4.1.3.1 Qual?
_____

Caso não (Item 4.1.3):

4.1.3.2 Por quê?
( ) Não tem conhecimento
( ) Não precisa de tratamento
( ) Para não onerar o custo da captação
( ) Outro: _____

( ) Não

4.1.4 Por quê?
( ) Perigo de contaminação
( ) Dificuldade de captação
( ) Não tem incentivo
( ) Não tem interesse
( ) Outro: _____

( ) Não

5. Você utilizaria a água de chuva em sua residência se tivesse conhecimento?
( ) Sim

5.1 Onde esta água pode ser utilizada?
( ) Lavagem de carro
( ) Rega de jardim
( ) Limpeza e arrumação geral da casa
( ) Bacias sanitárias
( ) Outro: _____

( ) Não ( ) Talvez

5.2 Por quê?
( ) Perigo de contaminação
( ) Dificuldade de captação
( ) Não tem incentivo
( ) Não tem interesse
( ) Outro: _____

Apêndice B – Confiabilidade volumétrica para o reservatório de 8,80 m^3 (padrão popular) para o ano de 1913

Padrão Popular

Área de captação = 60m²
Coeficiente de escoamento = 0,85
Consumo interno não potável = 110
Número de habitantes = 4
Volume do Reservatório = 8800 L
Volume aproveitado em base mensal

Mês	Data	Índice Pluviométrico	Entrada de água	Consumo do dia	Saldo de água do dia	Volume de água existente no reservatório	Volume transbordado no dia	Volume transbordado	Volume aproveitado em base diaria no ano	Conf. do Sistema	Volume aproveitado corrigido
		(mm)	(L)	(L)	(L)	(L)	(L)	(m³/ano)	(m³/ano)	(%)	(m³/ano)
-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-
JANEIRO	1	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	0,4481	74,75	83,95%	74,75
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	4	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0				
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	6	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	7	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	8	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	12	3,0	153,0	440,0	-287,0	0,0	0,0				
	13	5,0	255,0	440,0	-185,0	0,0	0,0				
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	15	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	18	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	19	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	20	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	21	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	22	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	23	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	25	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0				

JANEIRO	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	30	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	31	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
FEVEREIRO	1	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	5	6,3	321,3	440,0	-118,7	0,0	0,0
	6	8,3	423,3	440,0	-16,7	0,0	0,0
	7	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	13	30,0	1530,0	440,0	1090,0	1090,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	650,0	0,0
	15	0,0	0,0	440,0	-440,0	210,0	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	17	5,3	270,3	440,0	-169,7	0,0	0,0
	18	30,3	1545,3	440,0	1105,3	1105,3	0,0
	19	48,0	2448,0	440,0	2008,0	3113,3	0,0
	20	60,3	3075,3	440,0	2635,3	5748,6	0,0
	21	28,0	1428,0	440,0	988,0	6736,6	0,0
	22	0,2	10,2	440,0	-429,8	6306,8	0,0
	23	66,3	3381,3	440,0	2941,3	8800,0	448,1
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	8360,0	0,0
	25	1,0	51,0	440,0	-389,0	7971,0	0,0
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	7531,0	0,0
	27	0,4	20,4	440,0	-419,6	7111,4	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	6671,4	0,0
	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	6231,4	0,0
MARÇO	1	0,0	0,0	440,0	-440,0	5791,4	0,0
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	5351,4	0,0
	3	11,0	561,0	440,0	121,0	5472,4	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	5032,4	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	4592,4	0,0
	6	0,3	15,3	440,0	-424,7	4167,7	0,0
	7	0,1	5,1	440,0	-434,9	3732,8	0,0

MARÇO	8	0,2	10,2	440,0	-429,8	3303,0	0,0
	9	1,0	51,0	440,0	-389,0	2914,0	0,0
	10	26,2	1336,2	440,0	896,2	3810,2	0,0
	11	2,0	102,0	440,0	-338,0	3472,2	0,0
	12	1,2	61,2	440,0	-378,8	3093,4	0,0
	13	0,0	0,0	440,0	-440,0	2653,4	0,0
	14	12,0	612,0	440,0	172,0	2825,4	0,0
	15	1,2	61,2	440,0	-378,8	2446,6	0,0
	16	3,1	158,1	440,0	-281,9	2164,7	0,0
	17	2,0	102,0	440,0	-338,0	1826,7	0,0
	18	6,2	316,2	440,0	-123,8	1702,9	0,0
	19	25,2	1285,2	440,0	845,2	2548,1	0,0
	20	7,2	367,2	440,0	-72,8	2475,3	0,0
	21	3,1	158,1	440,0	-281,9	2193,4	0,0
	22	0,2	10,2	440,0	-429,8	1763,6	0,0
	23	0,2	10,2	440,0	-429,8	1333,8	0,0
	24	0,2	10,2	440,0	-429,8	904,0	0,0
	25	0,2	10,2	440,0	-429,8	474,2	0,0
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	34,2	0,0
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	30	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	31	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
ABRIL	1	2,4	122,4	440,0	-317,6	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	6	72,0	3672,0	440,0	3232,0	3232,0	0,0
	7	26,0	1326,0	440,0	886,0	4118,0	0,0
	8	2,0	102,0	440,0	-338,0	3780,0	0,0
	9	1,0	51,0	440,0	-389,0	3391,0	0,0
	10	7,0	357,0	440,0	-83,0	3308,0	0,0
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	2868,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	2428,0	0,0
	13	24,0	1224,0	440,0	784,0	3212,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	2772,0	0,0
	15	1,0	51,0	440,0	-389,0	2383,0	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	1943,0	0,0
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	1503,0	0,0

ABRIL	18	1,0	51,0	440,0	-389,0	1114,0	0,0
	19	0,0	0,0	440,0	-440,0	674,0	0,0
	20	11,0	561,0	440,0	121,0	795,0	0,0
	21	2,0	102,0	440,0	-338,0	457,0	0,0
	22	2,0	102,0	440,0	-338,0	119,0	0,0
	23	13,0	663,0	440,0	223,0	342,0	0,0
	24	78,0	3978,0	440,0	3538,0	3880,0	0,0
	25	6,0	306,0	440,0	-134,0	3746,0	0,0
	26	10,0	510,0	440,0	70,0	3816,0	0,0
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	3376,0	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	2936,0	0,0
	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	2496,0	0,0
	30	0,0	0,0	440,0	-440,0	2056,0	0,0
MAIO	1	12,0	612,0	440,0	172,0	2228,0	0,0
	2	24,0	1224,0	440,0	784,0	3012,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	2572,0	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	2132,0	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	1692,0	0,0
	6	0,0	0,0	440,0	-440,0	1252,0	0,0
	7	0,0	0,0	440,0	-440,0	812,0	0,0
	8	6,0	306,0	440,0	-134,0	678,0	0,0
	9	5,0	255,0	440,0	-185,0	493,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	53,0	0,0
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	13	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	15	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	16	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	18	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	19	3,0	153,0	440,0	-287,0	0,0	0,0
	20	19,0	969,0	440,0	529,0	529,0	0,0
	21	0,0	0,0	440,0	-440,0	89,0	0,0
	22	4,0	204,0	440,0	-236,0	0,0	0,0
	23	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0
	24	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	25	1,1	56,1	440,0	-383,9	0,0	0,0
	26	10,0	510,0	440,0	70,0	70,0	0,0
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	28	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0

MAIO	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	30	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	31	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
JUNHO	1	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0
	2	1,1	56,1	440,0	-383,9	0,0	0,0
	3	0,3	15,3	440,0	-424,7	0,0	0,0
	4	0,1	5,1	440,0	-434,9	0,0	0,0
	5	5,0	255,0	440,0	-185,0	0,0	0,0
	6	4,0	204,0	440,0	-236,0	0,0	0,0
	7	0,3	15,3	440,0	-424,7	0,0	0,0
	8	1,2	61,2	440,0	-378,8	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	10	10,0	510,0	440,0	70,0	70,0	0,0
	11	11,2	571,2	440,0	131,2	201,2	0,0
	12	4,0	204,0	440,0	-236,0	0,0	0,0
	13	32,0	1632,0	440,0	1192,0	1192,0	0,0
	14	12,0	612,0	440,0	172,0	1364,0	0,0
	15	20,0	1020,0	440,0	580,0	1944,0	0,0
	16	3,2	163,2	440,0	-276,8	1667,2	0,0
	17	1,1	56,1	440,0	-383,9	1283,3	0,0
	18	0,2	10,2	440,0	-429,8	853,5	0,0
	19	0,2	10,2	440,0	-429,8	423,7	0,0
	20	6,2	316,2	440,0	-123,8	299,9	0,0
	21	17,2	877,2	440,0	437,2	737,1	0,0
	22	2,1	107,1	440,0	-332,9	404,2	0,0
	23	65,3	3330,3	440,0	2890,3	3294,5	0,0
	24	0,3	15,3	440,0	-424,7	2869,8	0,0
	25	3,0	153,0	440,0	-287,0	2582,8	0,0
	26	0,4	20,4	440,0	-419,6	2163,2	0,0
	27	1,2	61,2	440,0	-378,8	1784,4	0,0
	28	0,4	20,4	440,0	-419,6	1364,8	0,0
	29	24,4	1244,4	440,0	804,4	2169,2	0,0
	30	42,3	2157,3	440,0	1717,3	3886,5	0,0
JULHO	1	18,3	933,3	440,0	493,3	4379,8	0,0
	2	0,2	10,2	440,0	-429,8	3950,0	0,0
	3	1,0	51,0	440,0	-389,0	3561,0	0,0
	4	3,2	163,2	440,0	-276,8	3284,2	0,0
	5	1,0	51,0	440,0	-389,0	2895,2	0,0
	6	2,2	112,2	440,0	-327,8	2567,4	0,0
	7	24,3	1239,3	440,0	799,3	3366,7	0,0
	8	20,0	1020,0	440,0	580,0	3946,7	0,0

JULHO	9	10,3	525,3	440,0	85,3	4032,0	0,0
	10	21,0	1071,0	440,0	631,0	4663,0	0,0
	11	1,4	71,4	440,0	-368,6	4294,4	0,0
	12	2,0	102,0	440,0	-338,0	3956,4	0,0
	13	2,2	112,2	440,0	-327,8	3628,6	0,0
	14	1,4	71,4	440,0	-368,6	3260,0	0,0
	15	5,4	275,4	440,0	-164,6	3095,4	0,0
	16	26,0	1326,0	440,0	886,0	3981,4	0,0
	17	13,0	663,0	440,0	223,0	4204,4	0,0
	18	18,3	933,3	440,0	493,3	4697,7	0,0
	19	60,4	3080,4	440,0	2640,4	7338,1	0,0
	20	5,0	255,0	440,0	-185,0	7153,1	0,0
	21	1,1	56,1	440,0	-383,9	6769,2	0,0
	22	4,0	204,0	440,0	-236,0	6533,2	0,0
	23	25,0	1275,0	440,0	835,0	7368,2	0,0
	24	1,3	66,3	440,0	-373,7	6994,5	0,0
	25	13,0	663,0	440,0	223,0	7217,5	0,0
	26	9,0	459,0	440,0	19,0	7236,5	0,0
	27	3,2	163,2	440,0	-276,8	6959,7	0,0
	28	2,3	117,3	440,0	-322,7	6637,0	0,0
	29	0,3	15,3	440,0	-424,7	6212,3	0,0
	30	0,4	20,4	440,0	-419,6	5792,7	0,0
	31	1,3	66,3	440,0	-373,7	5419,0	0,0
AGOSTO	1	1,0	51,0	440,0	-389,0	5030,0	0,0
	2	0,2	10,2	440,0	-429,8	4600,2	0,0
	3	7,0	357,0	440,0	-83,0	4517,2	0,0
	4	17,0	867,0	440,0	427,0	4944,2	0,0
	5	3,4	173,4	440,0	-266,6	4677,6	0,0
	6	1,1	56,1	440,0	-383,9	4293,7	0,0
	7	1,3	66,3	440,0	-373,7	3920,0	0,0
	8	40,0	2040,0	440,0	1600,0	5520,0	0,0
	9	9,0	459,0	440,0	19,0	5539,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	5099,0	0,0
	11	6,0	306,0	440,0	-134,0	4965,0	0,0
	12	4,0	204,0	440,0	-236,0	4729,0	0,0
	13	15,0	765,0	440,0	325,0	5054,0	0,0
	14	2,0	102,0	440,0	-338,0	4716,0	0,0
	15	1,2	61,2	440,0	-378,8	4337,2	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	3897,2	0,0
	17	2,4	122,4	440,0	-317,6	3579,6	0,0
	18	6,2	316,2	440,0	-123,8	3455,8	0,0

AGOSTO	19	7,2	367,2	440,0	-72,8	3383,0	0,0
	20	0,1	5,1	440,0	-434,9	2948,1	0,0
	21	0,0	0,0	440,0	-440,0	2508,1	0,0
	22	1,0	51,0	440,0	-389,0	2119,1	0,0
	23	2,0	102,0	440,0	-338,0	1781,1	0,0
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	1341,1	0,0
	25	0,3	15,3	440,0	-424,7	916,4	0,0
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	476,4	0,0
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	36,4	0,0
	28	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	29	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0
	30	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0
	31	0,3	15,3	440,0	-424,7	0,0	0,0
SETEMBRO	1	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	2	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	6	0,3	15,3	440,0	-424,7	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	13	0,3	15,3	440,0	-424,7	0,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	15	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	18	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	19	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	20	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	21	0,2	10,2	440,0	-429,8	0,0	0,0
	22	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	23	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	25	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	27	0,3	15,3	440,0	-424,7	0,0	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0

SETEMBRO	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	30	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
OUTUBRO	1	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	6	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	13	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	15	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	18	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	19	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	20	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	21	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	22	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	23	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	25	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	30	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	31	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
NOVEMBRO	1	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	6	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0

NOVEMBRO	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	11	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	13	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	15	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	18	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	19	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	20	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	21	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	22	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	23	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	25	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	29	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	30	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
DEZEMBRO	1	2,0	102,0	440,0	-338,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	4	1,0	51,0	440,0	-389,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	6	2,0	102,0	440,0	-338,0	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	11	3,0	153,0	440,0	-287,0	0,0	0,0
	12	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	13	3,0	153,0	440,0	-287,0	0,0	0,0
	14	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	15	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	16	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	17	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	18	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0
	19	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0

DEZEMBRO	20	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	21	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	22	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	23	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	24	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	25	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	26	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	27	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	28	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	
	29	17,5	892,5	440,0	452,5	452,5	0,0	
	30	4,0	204,0	440,0	-236,0	216,5	0,0	
	31	0,0	0,0	440,0	-440,0	0,0	0,0	

Anexo A – Estudo demográfico – população residente – CENSO 2000

ESTUDO DEMOGRÁFICO - POPULAÇÃO RESIDENTE - VERSÃO PRELIMINAR - CENSO 2.000

Ordem	Bairros	Área			População Residente	Homens	Mulheres	Domicílios
		Total	Verde (*)	Bruta	Total			Total
		(HA)			(HAB)			(DOM)
1	Aeroclube	206,40	24,00	182,40	4057	1795	2262	1165
2	Água Fria	153,50	0,00	153,50	3069	1421	1648	1003
3	Altip.Cabo Branco	225,60	66,00	159,60	4151	1917	2234	992
4	Alto do Céu	259,80	123,00	136,80	14187	6949	7238	3392
5	Alto do Mateus	244,40	84,00	160,40	16898	8202	8696	3978
6	Anatólia	18,20	0,90	17,30	1126	476	650	291
7	Bancários	223,30	57,00	166,30	10367	4850	5517	2576
8	Barra de Gramame	874,00	144,60	729,40	357	197	160	73
9	Bessa	205,70	24,00	181,70	7111	3303	3808	1915
10	Brisamar	61,60	0,00	61,60	4148	1833	2315	1096
11	Cabo Braco	147,80	44,00	103,80	5439	2388	3051	1576
12	Castelo Branco	337,60	97,00	240,60	11208	5175	6033	2746
13	Centro	227,70	30,00	197,70	4998	2159	2839	1418
14	Ciadade dos Colibris	103,50	14,00	89,50	1802	875	927	459
15	Costa do Sol	1321,00	1,90	1319,10	609	318	291	157
16	Costa e Silva	96,80	0,00	96,80	7716	3666	4050	1855
17	Cristo Redentor	491,00	94,00	397,00	37170	17592	19578	9156
18	Cruz das Armas	267,80	20,00	247,80	25994	12107	13887	6551
19	Cuiá	187,60	54,00	133,60	3418	1655	1763	907
20	Distrito	641,70	173,70	468,00	3204	1627	1577	725
21	Ernani Sátiro	128,70	43,00	85,70	8447	3975	4472	2139
22	Ernesto Geisel	195,40	2,00	193,40	12049	5497	6552	3190
23	Estados	153,40	0,00	153,40	6479	2868	3611	1639
24	Expedicionários	40,00	0,00	40,00	3384	1470	1914	913
25	Funcionários	172,20	0,00	172,20	16222	7806	8416	4008
26	Gramame	1441,80	83,70	1358,10	6288	3182	3106	1534
27	Grotão	32,60	2,00	30,60	5784	2779	3005	1391
28	Ilha do Bispo	453,40	254,00	199,40	6020	2904	3116	1443
29	Indústrias	293,20	14,90	278,30	7755	3759	3996	1828
30	Ipês	217,30	95,00	122,30	10121	4664	5457	2681
31	Jaguaribe	237,70	24,00	213,70	14368	6186	8182	3805
32	Jardim Cidade Universitária	235,20	51,00	184,20	11108	5103	6005	3188
33	Jardim Oceania	236,70	11,00	225,70	10015	4465	5550	2698
34	Jardim São Paulo	38,30	1,00	37,30	2543	1127	1416	809
35	Jardim Veneza	238,70	90,00	148,70	12494	6151	6343	3022
36	João Agripino	25,10	1,00	24,10	1206	529	677	325
37	João Paulo	224,10	3,00	221,10	9912	4798	5114	2402
38	José Américo	262,00	45,00	217,00	8776	4204	4572	2240
39	Manaíra	243,60	11,00	232,60	19289	8501	10788	5117
40	Mandacaru	99,60	21,00	78,60	12776	6007	6769	3284
41	Mangabeira	1069,60	134,00	935,60	67398	32079	35319	17259
42	Miramar	132,40	36,00	96,40	6986	3120	3866	1779
43	Muçumagro	423,70	230,20	193,50	4882	2411	2471	1182
44	Mumbaba	1623,50	129,80	1493,70	463	233	230	100
45	Mussuré	1607,80	1607,80	0,00	18	11	7	7
46	Oitizeiro	1607,80	60,00	1547,80	31028	14820	16208	7638
47	Padre Zé	49,10	21,00	28,10	7053	3366	3687	1630
48	Paratibe	448,30	15,20	433,10	8134	3945	4189	2128
49	Pedro Gondim	78,00	0,00	78,00	2739	1194	1545	705
50	Penha	41,50	2,20	39,30	773	379	394	170
51	Planalto sa Boa Esperança	205,90	29,00	176,90	3318	1599	1719	865
52	Ponta so Seixas	6,40	5,00	56,40	383	194	189	100
53	Portal so Sol	545,40	48,00	497,40	1878	953	925	444
54	Roger	119,40	59,00	60,40	10215	4979	5236	2470
55	São José	31,70	30,00	1,70	7923	3809	4114	2059
56	Tambaú	90,60	9,00	81,60	6782	2803	3979	1873
57	Tambauzinho	77,70	6,00	71,70	4466	1872	2594	1146

58	Tambiá	55,50	3,10	52,40	2172	928	1244	580
59	Torre	213,80	15,00	198,80	17104	7398	9706	4498
60	Treze se Maio	80,10	13,00	67,10	7850	3487	4363	1973
61	Trincheiras	94,20	36,00	58,20	8765	4054	4711	2243
62	Valentina	317,40	62,00	255,40	22306	10473	11833	5518
63	Varadouro	80,90	2,00	78,90	4121	1925	2196	1102
64	Varjão	148,50	34,00	114,50	19112	8964	10148	4709
TOTAL		20413,20	4392,00	16076,20	597934	279476	318458	151865

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo