



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

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO NÃO POTÁVEL EM CONDOMÍNIOS
HORIZONTAIS DA CIDADE DE JOÃO PESSOA – PB**

por

Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga

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

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 -

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS DA CIDADE DE JOÃO PESSOA – PB

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**

Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga

ORIENTADOR: Prof. Dr. Celso Augusto Guimarães Santos

B813a

Braga, Isabelle Yruska de Lucena Gomes.

Aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa – PB / Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga. João Pessoa: UFPB, 2008.

104f. : il.

Orientador: Celso Augusto Guimarães Santos.

Dissertação (Mestrado) – UFPB, CT, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana.

1. Engenharia urbana. 2. Água de chuva – aproveitamento. 3. Água de chuva – reservatórios. 4. Água potável – escassez. 5. Condomínio horizontal fechado.

UFPB/BC

CDU: 62:711(043)

ISABELLE YRUSKA DE LUCENA GOMES BRAGA

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA PARA
CONSUMO NÃO POTÁVEL EM CONDOMÍNIOS
HORIZONTAIS DA CIDADE DE JOÃO PESSOA – PB**

APROVADA EM: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. Celso Augusto Guimarães Santos – UFPB
(Orientador)**

**Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior – UFPB
(Examinador Interno)**

**Prof. Dr. Ricardo de Aragão – UFS
(Examinador Externo)**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Ebenézer Luna e Fátima Lucena, ao meu esposo Joaquim David e a minha filha Sofia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pelo amor, sabedoria, fé, saúde, enfim, por tudo.

Aos meus queridos pais por terem sido o meu alicerce até aqui, exemplos de força, coragem e perseverança, e ao meu querido irmão, o meu muito obrigado.

Ao meu esposo David Pereira pelo amor, paciência e compreensão em meus momentos de ausência.

A Sofia Gomes Braga por me ensinar a ser mãe.

Aos meus avós Euclides Gomes da Costa, Maria de Lourdes Luna e Maria Ventura de Lucena fontes de riqueza e sabedoria e aos meus tios Euclidson Luna e Elvira Luna.

Ao professor Celso Augusto Guimarães Santos pela dedicação, orientação e principalmente pela paciência.

A todos que dedicaram um pouco de seu precioso tempo para cuidar de Sofia, principalmente a minha querida tia Gilvanilda de Lucena, minhas primas Allana Lucena e Aliny Lucena e meus queridos sogros José Pereira e Eneide Maciel.

À Universidade Federal da Paraíba, ao CNPq, à Mellyne Palmeira, Klissia Magno e Renan Dantas, alunos do PROBEX.

À Carmem Becker, Germana Toscano, funcionárias da AESA, ao INMET, Leonardo Brasil, Laise Barbosa, Fernando Burity, pela disponibilidade de dados indispensáveis à pesquisa.

À Marlis Hanna Braun, síndica do condomínio Cabo Branco Residence Privê, pela colaboração na pesquisa de campo.

Aos amigos Vânia do Nascimento, Edil Jarles e Alyne Cavalcante.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concepção, conclusão e o enriquecimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho trata sobre o aproveitamento de água de chuva em finalidades não potáveis, tais como irrigação de jardins, lavagem de carros, lavagem de calçadas, dentre outros, utilizando como estudo de caso um condomínio horizontal da cidade de João Pessoa. Para tanto, foi necessário caracterizar a precipitação e as demandas de água de consumo, quantificar os usos da água em um condomínio, analisar a qualidade da água de chuva, dimensionar o reservatório de água de chuva e, por fim, verificar a aceitação social do uso da água de chuva em atividades não potáveis. Foram analisadas duas séries de precipitação da cidade de João Pessoa referentes aos períodos 1937 a 1970 e 1994 a 2006, em que foi verificado um sinal anual de significância de 10%, revelando a existência de uma estação chuvosa anual na cidade de João Pessoa. Para analisar o comportamento de cada ano nas séries estudadas, foi realizada uma análise na faixa de 8–16 meses, revelando a viabilidade do uso da água de chuva na cidade, do ponto de vista técnico quanto à frequência da precipitação e teste de significância. Para caracterizar as ofertas de água de consumo foram utilizados dois postos pluviométricos e o consumo total de água foi registrado de maio de 2005 a maio de 2007. Na quantificação dos usos de água foi necessário inserir um questionário respondido pelos moradores incluindo questões relacionadas ao aproveitamento da água de chuva. As amostras coletadas para verificar a qualidade da água de chuva foram analisadas nos laboratórios da UFPB, constatando sua qualidade em finalidades não potáveis. O reservatório é um item importante no sistema de água de chuva, devendo ser dimensionado corretamente para não inviabilizar economicamente o sistema. Os métodos utilizados para dimensionar o reservatório foram o método de Rippl, método prático brasileiro, método prático alemão, método prático inglês, método prático australiano e o método Monte Carlo. Considerando que os condomínios horizontais são pequenas cidades, os resultados obtidos neste trabalho podem servir de exemplo para as cidades como um todo.

PALAVRAS-CHAVE: condomínio horizontal fechado, escassez água, aproveitamento água de chuva.

ABSTRACT

This paper is about the use of rainwater for unpotable purposes, such as garden irrigation, car and sidewalk washing, among others, using as a case study a horizontal condominium in João Pessoa city (Paraíba, Brazil). Thus, it was necessary to characterize the precipitation, the consumption water demands, to quantify the uses of the water in a condominium, to analyze the rainwater quality, to design the rainwater reservoir and, finally, to verify the social acceptance for rainwater use in unpotable activities. Two precipitation series of João Pessoa city had been analyzed for the periods 1937–1970 and 1994–2006, in which an annual signal at 10% significance was verified. This reveals the existence of an annual rainy season in João Pessoa city. In order to analyze the behavior of each year in the studied series, a modulation within the 8–16-month band was carried out, which showed the viability of rainwater use in the city, according to the technical point of view based on the rainfall frequency and significance test. In order to characterize the demands for water consumption, data from two raingauges had been used and the total water consumption was recorded from May 2005 to May 2007. For the quantification of the water uses, a questionnaire about rainwater use was carried out with the residents. The collected samples to verify the rainwater quality were analyzed in laboratories of the UFPB, evidencing its quality for unpotable purposes. The reservoir is an important item in the rainwater system and it has to be correctly design in order to turn the system economically practicable. The used methods to design the reservoir were the Rippl method, Brazilian practical method, German practical method, English practical method, Australian practical method and Monte Carlo method. Considering that the house condominiums are small cities, the obtained results could contribute as an example to be used in cities as a whole.

KEYWORDS: house condominium, water scarcity, rainwater use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: (a) Cidade de João Pessoa e (b) condomínios horizontais localizados nos bairros Portal do Sol e Altiplano no litoral sul da cidade com destaque, em vermelho, do condomínio do estudo de caso.....	21
Figura 2.2: Antiga Fazenda Boi Só.	22
Figura 2.3: Entrada do condomínio horizontal residencial Cabo Branco Residence Privê.....	23
Figura 2.7: Entrada do condomínio horizontal Extremo Oriental Residence Privê.....	24
Figura 2.8: (a) Cidade dos Bosques Cabo Branco, (b) condomínio residencial Bosque das Gameleiras (a) condomínio residencial Bosque das Orquídeas.	25
Fonte: http://www.grupocapuche.com.br	25
Figura 2.14: Médias pluviométricas mensais de João Pessoa referentes ao período de 1912 a 2006.	28
Figura 2.15: Total pluviométrico de João Pessoa referentes ao período de 1912 a 2006 (com falhas entre 1969 1992).	28
Figura 2.16: Histograma anual para a cidade de João Pessoa.	29
Figura 3.1: Primeiro condomínio horizontal brasileiro.	31
Figura 3.2: <i>Dome Stadiums</i> (a) Tokyo <i>Dome</i> , construído em 1983; (b) Fukuoka <i>Dome</i> , construído em 1993; (c) Nagoya <i>Dome</i> , construído em 1997.....	39
Figura 3.3: Sistema de armazenamento e utilização das águas pluviais em grande escala ($V = 1.000 \text{ m}^3$) (a) Ginásio de Sumô <i>Ryogoku Kokugikan</i> , na Cidade de Sumida, Japão e (b) sede da prefeitura de Sumida.....	40
Figura 3.4: Cisternas utilizadas no Semi-Árido (a) cisterna de placa (b) cisterna de concreto.	41
Figura 3.5: Postos de combustíveis com sistema de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em Curitiba (a) Auto Posto Rick Ltda e (b) Posto de combustíveis Criança....	42
(a) (b) (c).....	57
Figura 4.1: <i>Wavelets</i> -mãe: (a) Morlet, (b) Paul e (c) Derivada Gaussiana – DOG.....	57
Figura 5.1: (a) Precipitação mensal total na cidade de João Pessoa no período de 1937 a 1970. (b) Espectro <i>wavelet</i> de potência normalizado usando a <i>wavelet</i> -mãe de Morlet. (c) Espectro global de potência da <i>wavelet</i> . (d) Série temporal da escala-média da faixa de 8-16 meses. As	

linhas pontilhadas em (c) e (d) são a significância de 10% para o espectro global da <i>wavelet</i>	65
Figura 5.2: (a) Precipitação mensal total na cidade de João Pessoa no período de 1994 a 2006. (b) Espectro <i>wavelet</i> de potência normalizado usando a <i>wavelet</i> -mãe de Morlet. (c) Espectro global de potência da <i>wavelet</i> . (d) Série temporal da escala-média da faixa de 8–16 meses. As linhas pontilhadas em (c) e (d) são para a significância de 10% para o espectro global da <i>wavelet</i>	66
Figura 5.3: Consumo total diário no condomínio (m ³) e precipitação diária em João Pessoa.	68
Figura 5.4: Localização das casas entrevistadas (em preto) no condomínio em estudo.	69
Figura 5.5: Periodicidade que o jardim é regado por residência.	71
Figura 5.6: Quantificação dos usos de água potável no condomínio.	75
Figura 5.7: Probabilidade em função do volume do reservatório, método Monte Carlo.	78
Figura 5.8: Diagrama de Massas pelo método de Rippl (a) utilizando a precipitação média, (b) utilizando a probabilidade de 75%, (c) utilizando a probabilidade de 85%, e (d) utilizando a probabilidade de 95%.	82
Figura 5.9: Sistema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza.	86
Figura 5.10: Sistema de aproveitamento de água de chuva no condomínio em estudo.	87
Figura 5.11: Sistema de aproveitamento de água de chuva para finalidades não potáveis.	88
Figura 5.12: Sistema de aproveitamento de água de chuva com reservatório inferior enterrado.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Percentual da população urbana nas Regiões do Brasil.	16
Tabela 3.1: Distribuição do consumo de água em uma residência.....	33
Tabela 3.2: Parâmetros técnicos estimativos para o cálculo da demanda residencial interna nos EUA.....	34
Tabela 3.3: Parâmetros técnicos estimativos da demanda residencial para uso externo nos EUA.....	34
Tabela 3.4: Consumo de água interno em uma residência nos Estados Unidos.....	35
Tabela 3.5: Uso doméstico da água no Brasil.	35
Tabela 3.6: Distribuição do consumo de água em uma residência na cidade de São Paulo. ...	35
Tabela 3.7: Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias.....	36
Tabela 3.8: Estimativa semanal de água para jardinagem.....	36
Tabela 3.9: Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água de chuva.	44
Tabela 3.10: Proposta de parâmetros de controle de qualidade em águas pluviais após coleta, filtração e armazenamento para usos não potáveis.....	46
Tabela 3.11: Proposta de parâmetros de qualidade de águas pluviais para cada um dos usos não potáveis.	47
Tabela 3.12: Proposta de valores máximos permissíveis (VMP) de parâmetros físico-químicos para o controle da qualidade de água pluvial.	47
Tabela 3.13: Proposta de valores máximos permissíveis (VMP) de parâmetros biológicos....	48
Tabela 3.14: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos não potáveis.	49
Tabela 3.15: Avaliação dos custos e economia de água para a captação de água de chuva em edificações.	50
Tabela 5.1: Consumo mensal de água (m ³) e precipitação mensal (mm).....	68
Tabela 5.2: Consumo de água (L) por habitante por dia.	70
Tabela 5.3: Quantidade de animais de estimação no condomínio em estudo e a porcentagem mensal de banhos.....	72
Tabela 5.4: Capacidade da cisterna de água encanada.	72
Tabela 5.5: Frequência de utilização da máquina de lavar roupas.	73
Tabela 5.6: Capacidade da piscina em litros.	74
Tabela 5.7: Frequência em que a calçada é lavada.....	74

Tabela 5.8: Resumo da aplicação ao método de Rippl às séries sintéticas.	78
Tabela 5.9: Método de Rippl utilizando a precipitação média.	79
Tabela 5.10: Método de Rippl utilizando a probabilidade 75%.	79
Tabela 5.11: Método de Rippl utilizando a probabilidade 85%.	80
Tabela 5.13: Dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto.	83
Tabela 5.14: Dimensionamento do reservatório pelo método prático australiano.	84
Tabela 5.15: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl utilizando a precipitação média.	85
Tabela 5.16: Orçamento dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva do padrão A.	86
Tabela 5.17: Orçamento dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva do padrão B.	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Características dos postos pluviométricos.....	27
Quadro 3.1: Algumas experiências em captação de água de chuva no Brasil e no mundo.....	41
Quadro 3.2: Parâmetros encontrados na água de chuva no norte da China.....	45
Quadro 3.3: Comparação entre reservatórios abertos e fechados.....	52
Quadro 5.1: Quantidade de casas habitadas no condomínio.	70
Quadro 5.2: Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da água de chuva.....	76

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE QUADROS	13
1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVO GERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	19
1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	19
2. ÁREA DE ESTUDO	21
2.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	27
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	30
3.1 CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS FECHADOS	30
3.2 DEMANDA POR ÁGUA.....	32
3.3 PROBLEMÁTICA DA ÁGUA DOCE	37
3.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA.....	38
3.4.1 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	42
3.4.2 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA	44
3.4.3 RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA	49
3.4.4 NORMAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	54
3.5 FERRAMENTA PARA VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE DE ÁGUA DE CHUVA.....	55
4. METODOLOGIA: MATÉRIAS E MÉTODOS	57
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM JOÃO PESSOA	57
4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA DE CONSUMO.....	59
4.3 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DA POPULAÇÃO DO CONDOMÍNIO EM ESTUDO.....	59
4.4 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA	60
4.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	61
5. RESULTADOS	64
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM JOÃO PESSOA	64
5.1.1 ESPECTRO DE POTÊNCIA DA <i>WAVELET</i>	64

5.1.2	ESPECTRO GLOBAL DA WAVELET	66
5.1.3	SÉRIE TEMPORAL DA ESCALA-MÉDIA	67
5.2.	CARACTERIZAÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA DE CONSUMO.....	67
5.3.	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DOS MORADORES DO CONDOMÍNIO	69
5.4.	ANÁLISE DA ÁGUA DE CHUVA NO CONDOMÍNIO EM ESTUDO.....	75
5.5.	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	77
5.6.	PROPOSTAS PARA A CAPTAÇÃO E RESERVAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	85
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	89
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
	APÊNDICE A	99
	APÊNDICE B.....	101

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Costa *et al.* (2006), alguns fatores contribuíram essencialmente para a expansão urbana, tais como, a migração de trabalhadores oriundos do campo e a maior integração proporcionada pelas ferrovias e mais tarde, pelas rodovias. No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o percentual de pessoas vivendo em áreas urbanas passou de 36,16% em 1950 para 81,25% em 2000, enquanto que na Paraíba esse percentual passou de 26,66% em 1950 para 71,06% em 2000.

Este aumento da população (Tabela 1.1) ocasiona problemas sérios de abastecimento de água, merecendo atenção de populações e principalmente das autoridades de todo o mundo, sendo evidente a importância de uma gestão integrada do recurso água que incentive o seu uso racional e favoreça o desenvolvimento de sistemas sustentáveis como forma de prevenção contra a escassez.

Tabela 1.1: Percentual da população urbana nas Regiões do Brasil.

Percentual Urbano	População – Região Geográfica				
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
1950	29,64	26,40	47,55	29,50	25,91
1960	35,54	34,24	57,36	37,58	37,16
1970	45,13	41,82	72,70	44,29	48,08
1980	51,63	50,46	82,81	62,40	67,78
1991	59,05	60,65	88,02	74,12	81,28
1996	62,36	65,21	89,29	77,22	84,42
2000	69,87	69,07	90,52	80,94	86,73

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Devido a esse crescimento, constata-se o aumento desenfreado de violência, congestionamentos, poluição sonora e ambiental, elevação do nível de estresse da população dentre outros males. Esses fatores tendem a reduzir a qualidade de vida, de modo que a população de classe média e alta está cada vez mais migrando para os *condomínios horizontais fechados*, buscando melhores condições de vida, conforto, lazer, bem-estar e segurança.

Um grande atrativo desses empreendimentos luxuosos é a existência de vastas áreas verdes, tanto em lotes residenciais como nas áreas comuns do condomínio, o que requer uma grande quantidade de água para a sua rega. Por serem condomínios de alto padrão, também é observado um maior consumo de água por parte dos residentes em comparação a residentes de outras formas de moradia.

Com o crescimento populacional, o planejamento do uso racional dos recursos hídricos se tornou vital para o desenvolvimento dessas áreas. Uma das maiores preocupações de muitas regiões do planeta, e mais precisamente dos grandes centros urbanos, é com a problemática da escassez dos recursos hídricos, onde a gestão da água tornou-se a principal prioridade nesses locais (SILVA, 2005). Segundo Vendramel & Köhler (2002), o crescimento demográfico e a crescente urbanização na segunda metade do século XX elevaram a demanda por recursos hídricos de tal modo que a população mundial está utilizando mais da metade da água superficial disponível.

A água é um recurso natural de suma importância que se distribui pelo planeta de forma extremamente desigual, sem contar que apenas uma pequena parcela da mesma é constituída de água doce e está facilmente disponível para ser utilizada nas atividades humanas. Associado a esta realidade, observa-se ainda a crescente degradação dos recursos hídricos causada por ações antropogênicas, o que torna parte da água imprópria para alguns usos mais nobres como o abastecimento de água para a população. Moreira (2001) enfatiza ainda a importância da água pelo fato dela ser essencial ao ser humano, ao desenvolvimento econômico e à preservação do meio ambiente.

O consumo de água em domicílios brasileiros, segundo Jaques (2005), varia entre 100 a 200 L/hab-dia e, segundo a revista Bio N° 19 (2001 *apud* Jaques, 2005), o ser humano necessita diariamente de 189 litros de água para atender suas necessidades, sejam estas de consumo, higiene e preparo de alimentos. Portanto, como solução para o problema de escassez da água, é indicado o uso de fontes alternativas, *e.g.*, a dessalinização da água do mar, o reuso de águas residuárias e o aproveitamento da água da chuva. Esta última se caracteriza por ser uma das soluções mais baratas e simples para preservar a água potável, sendo também

uma alternativa para o controle de enchentes, grave problema em regiões com grandes áreas pavimentadas. O conceito de substituição de fontes de água se mostra a alternativa mais plausível para satisfazer demandas mais restritivas, liberando a água de melhor qualidade para uso mais nobre (FENDRICH & OLIYNIK, 2002).

As cidades precisam promover a utilização e a infiltração das águas pluviais para assegurar a auto-sustentabilidade dos seus sistemas de abastecimento de água, restabelecer e proteger a circulação da água regional, ou seja, o ciclo hidrológico.

É importante lembrar que a utilização da água de chuva nas edificações é uma prática antiga que perdeu força quando da implementação dos sistemas públicos de abastecimento; entretanto, atualmente a sua utilização voltou a ser realidade fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades e de países desenvolvidos.

Vários países europeus e asiáticos ainda utilizam amplamente a água da chuva nas residências, pois é sabido que a mesma possui qualidade compatível com usos importantes como a descarga de vasos sanitários, a lavagem de roupas, calçadas e carros, e a rega de jardins. O aproveitamento da água de chuva também traz como vantagem a retirada do volume de água do sistema de drenagem urbana, colaborando com a prevenção de enchentes. No sistema de aproveitamento de água de chuva, a relação produção *versus* demanda não potável deve ser analisada cuidadosamente para que o sistema trabalhe em seu potencial, de modo a não prejudicar o sistema como um todo.

Como alternativa para reduzir o consumo de água potável em usos não nobres em condomínios horizontais da grande João Pessoa, propõe-se a captação e reservação da água de chuva para finalidades não potáveis, principalmente para a irrigação de jardins. Dessa forma, esta dissertação apresenta um estudo de caso do consumo de água em um condomínio horizontal, propondo o dimensionamento de um reservatório único e reservatórios individuais para as residências do condomínio em estudo.

1.1 OBJETIVO GERAL

A dissertação tem como objetivo geral analisar a viabilidade da água de chuva para ser utilizada em condomínios horizontais, utilizando como estudo de caso a cidade de João Pessoa. A análise deve ser quantitativa, com o intuito de verificar a possibilidade do armazenamento da água de chuva para suprir as necessidades não potáveis dos condomínios

horizontais; e qualitativa, a fim de verificar a necessidade de fazer um pré-tratamento da água captada pelos telhados, evitando riscos à saúde humana.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar o comportamento de água de chuva de acordo com os parâmetros hidrológicos;
- Caracterizar estatisticamente a precipitação na cidade de João Pessoa e verificar o perfil da população do condomínio com o objetivo de determinar os usos de água;
- Analisar a qualidade da chuva coletada no condomínio em estudo;
- Propor alternativas técnicas de projeto com possíveis adaptações para as construções existentes, com o intuito de captar, reservar e distribuir a água de chuva;
- Verificar a aceitabilidade do uso da água de chuva para fins não potáveis pelos condôminos.

1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

A dissertação compreende seis capítulos e um apêndice, incluindo este capítulo introdutório. O capítulo 2 apresenta a área de estudo que consiste em alguns condomínios horizontais da cidade de João Pessoa e da grande João Pessoa e os dados pluviométricos da área.

No capítulo 3 está apresentada a revisão bibliográfica em que são abordados os condomínios horizontais fechados, a demanda por água potável, a problemática da água doce, o aproveitamento da água de chuva e a ferramenta utilizada para verificar a viabilidade da água de chuva na cidade em estudo.

No capítulo 4 é descrita a metodologia de estudo referente à caracterização da água de chuva, a quantificação dos usos de água no condomínio em estudo, a análise da qualidade da água de chuva na cidade de João Pessoa e, por último, o dimensionamento do reservatório.

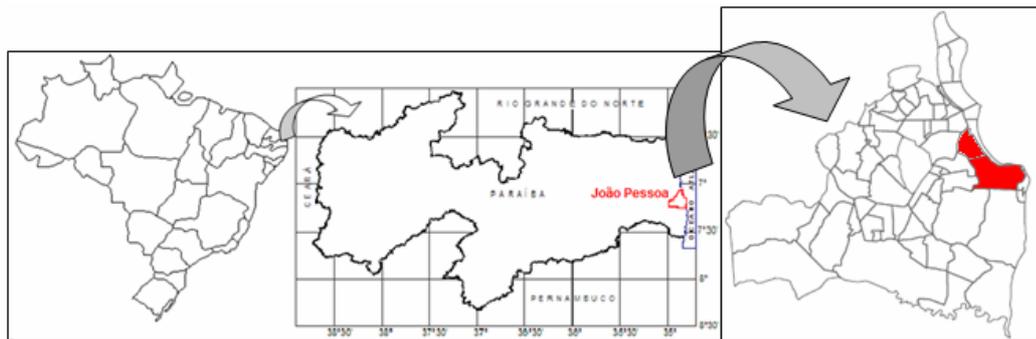
No capítulo 5 são apresentados os resultados da caracterização da água de chuva, caracterização das demandas de água de consumo, quantificação dos usos da água, a análise

da água de chuva coletada no condomínio, o dimensionamento do reservatório e a proposta para captação e reservação de água de chuva.

As conclusões finais estão inseridas no capítulo 6, e no Apêndice encontram-se a planta baixa do condomínio residencial Cabo Branco Residence Privê, estudo de caso, e o questionário aplicado para verificação das demandas de consumo de água.

2. ÁREA DE ESTUDO

A cidade de João Pessoa está situada no Estado da Paraíba, na região do nordeste brasileiro (Figura 2.1), compreende uma área de 210,55 km² e tem uma população de 597.934 habitantes (IBGE, 2000).



(a)



(b)

Figura 2.1: (a) Cidade de João Pessoa e (b) condomínios horizontais localizados nos bairros Portal do Sol e Altiplano no litoral sul da cidade com destaque, em vermelho, do condomínio do estudo de caso.

Em busca de uma melhor qualidade de vida, mais tranqüilidade e distanciamento de alguns desconfortos do meio urbano, tais como, poluição sonora e ambiental, congestionamentos, etc., os pessoenses começaram a migrar para novas moradias, os *condomínios horizontais fechados*. Desde a implantação dos primeiros condomínios fechados em 1998, tem-se observado um aumento significativo desses condomínios no litoral sul da cidade.

O crescente interesse dos pessoenses em morar em condomínios horizontais fechados tem chamado a atenção de grandes grupos nacionais, como é o caso do Alphaville Urbanismo S.A. que planeja investir na cidade construindo um condomínio no terreno da antiga fazenda Boi Só (Figura 2.2), localizada no Bairro dos Estados.



Figura 2.2: Antiga Fazenda Boi Só.

No litoral sul existem condomínios com mais de 400 lotes residenciais, o que pode levar a uma população fixa de cerca de 2.000 habitantes. Como estudo de caso, foi escolhido o condomínio Cabo Branco Residence Privê (Figura 2.3) para os estudos de aproveitamento de água de chuva em finalidades não potáveis na cidade de João Pessoa. Esse condomínio foi o primeiro condomínio horizontal a se instalar na cidade, em 1998. O condomínio compreende uma área total de aproximadamente 338 mil m² sendo que a área destinada a preservação ambiental tem, aproximadamente, 95 mil m², incluindo área verde externa e interna ao condomínio e reserva ambiental. O condomínio é formado por 438 lotes distribuídos em 19 quadras, com lotes a partir de 360 m² e conta com dois poços artesianos para o abastecimento de água potável do condomínio e seus moradores. Em novembro de 2007, o condomínio possuía 216 lotes construídos, 38 em construção e 136 ainda vazios (Apêndice A).



Figura 2.3: Entrada do condomínio horizontal residencial Cabo Branco Residence Privê.

Em 2001 foi construído o condomínio Residencial Alphavillage Cabo Branco (Figura 2.4), com lotes a partir de 450 m². Em contrapartida, o Bougainville Residence Privê (Figura 2.5) é composto por 359 lotes com área também a partir de 450 m², apresentando ainda uma estação de tratamento de esgoto. Porta do Sol Residence Privê (Figura 2.6) está situado na avenida Hilton Souto Maior, ao lado direito do condomínio Cabo Branco Residence Privê, com uma área pouco maior que 40 mil m², remanescente do Loteamento Cabo Branco Residence Privê, constituído de quatro quadras com 62 lotes residenciais, um lote para equipamentos comunitários, um lote para o reservatório e poço artesiano, duas áreas verdes e quatro vias locais.

O condomínio Extremo Oriental Residence Privê (Figura 2.7) encontra-se em fase de conclusão, com lotes a partir de 540 m² e uma área total de aproximadamente 157 mil m², sendo que 28,43% da área total é área de preservação e/ou área destinada à jardinagem, com sete quadras retangulares onde estão distribuídos 127 lotes, e está situado também na avenida Hilton Souto Maior, ao lado esquerdo do condomínio Cabo Branco Residence Privê.



Figura 2.4: Entrada do condomínio horizontal Alphavillage Cabo Branco.



Figura 2.5: Entrada do condomínio horizontal Bougainville Residence Privê.



Figura 2.6: Entrada do condomínio horizontal Porta do Sol Residence Privê.



Figura 2.7: Entrada do condomínio horizontal Extremo Oriental Residence Privê.

O empreendimento Cidade dos Bosques Cabo Branco (Figura 2.8a), em fase de conclusão, é constituído por dois condomínios residenciais horizontais, o condomínio residencial Bosque das Gameleiras (Figura 2.8b) e o condomínio residencial Bosque das Orquídeas (Figura 2.8c). A área total do empreendimento é formada por 420 mil m², em que,

aproximadamente 40 mil m² são destinados à área verde preservada do condomínio. O fornecimento de água será garantido por uma rede própria de distribuição, e contará também com uma rede coletora de esgotos sanitários. O condomínio residencial Bosque das Orquídeas conta com uma área total de 208 mil m² e 236 lotes residenciais, enquanto que o condomínio residencial Bosque das Gameleiras é dotado de 194,6 mil m² de área total, formado por 258 lotes residenciais.

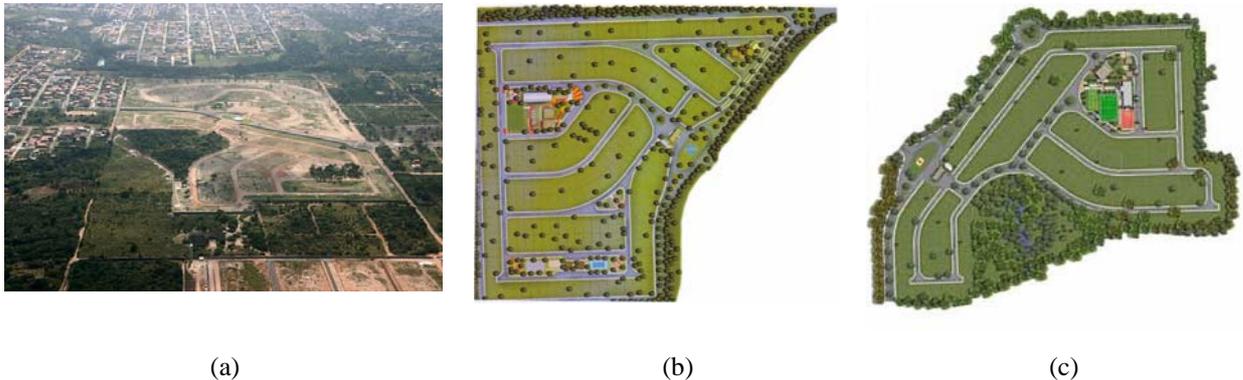


Figura 2.8: (a) Cidade dos Bosques Cabo Branco, (b) condomínio residencial Bosque das Gameleiras (a) condomínio residencial Bosque das Orquídeas.

Fonte: <http://www.grupocapuche.com.br>.

O condomínio Alphavillage Intermares (Figura 2.9), com lotes a partir de 360 m², está localizado na cidade de Cabedelo que faz parte da grande João Pessoa. O Alamoana (Figura 2.10), situado ao lado do Alphavillage Intermares, é formado por 325 lotes distribuídos em 26 quadras, 388 mil m² de área total, dos quais 18 mil m² são formados por área verde, sendo o único condomínio da cidade com um clube náutico.



Figura 2.9: Entrada do condomínio horizontal Alphavillage Intermares.



Figura 2.10: Condomínio horizontal Alamoana, (a) entrada principal em fase de conclusão e (b) maquete.
 Fonte: (b) <http://www.alamoana.com.br>.

O condomínio horizontal Villas do Atlântico Residence (Figura 2.11) está localizado próximo ao condomínio Alamoana. O Atlante Ville (Figura 2.12) é formado por 66 lotes com área entre 450 e 525 m² localizado no bairro de Intermares, na cidade de Cabedelo. A Figura 2.13 mostra a localização dos condomínios da cidade de Cabedelo, em que o número 1 corresponde ao condomínio Alphavillage Intermares, 2 corresponde ao condomínio Alamoana, 3 ao condomínio horizontal Villas do Atlântico Residence e 4 ao condomínio Atlante Ville.



Figura 2.11: Entrada do condomínio horizontal Villas do Atlântico Residence.



Figura 2.12: Entrada do condomínio horizontal Atlante Ville.



Figura 2.13: Condomínios horizontais localizados na cidade de Cabedelo.

2.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos utilizados nesse trabalho foram disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) e Agência Nacional de Águas (ANA). Os postos DFAARA, Mangabeira, Marés e João Pessoa são referentes à série histórica da AESA; o posto João Pessoa refere-se à série da Sudene, fornecido também pela ANA. O Quadro 2.1 apresenta as características dos postos utilizados no presente estudo.

Quadro 2.1: Características dos postos pluviométricos.

Estação	Latitude	Longitude	Período	Total (anos)
João Pessoa/DFAARA	07°06'S	34°50'W	1994–2006	13
João Pessoa/Mangabeira	07°12'S	3449'W	1996–2006	11
João Pessoa/Marés	07°09'S	3454'W	1996–2006	11
Sudene	0707'S	3453'W	1912–1931 1937–1970	54

As médias pluviométricas mensais para a cidade de João Pessoa referentes ao período de 1912 a 1931, 1937 a 1970 e 1994 a 2006 são apresentadas na Figura 2.14. Já a Figura 2.15

apresenta o total pluviométrico de 1912 a 2006, com um longo período sem observação de 1969 a 1992.

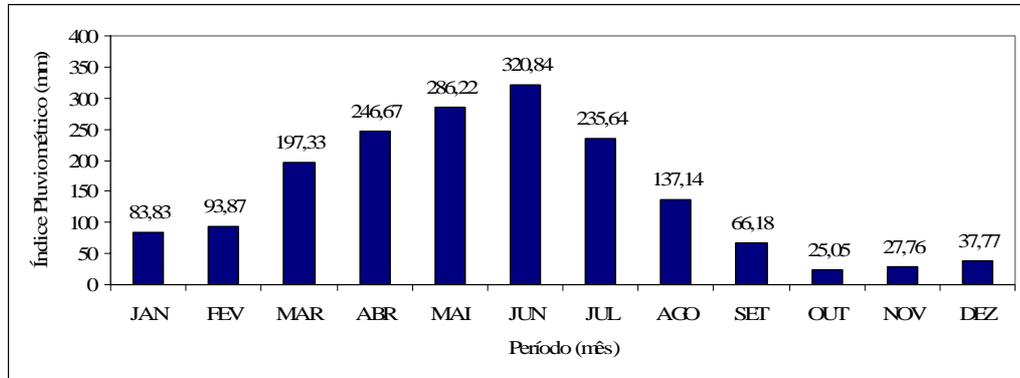


Figura 2.14: Médias pluviométricas mensais de João Pessoa referentes ao período de 1912 a 2006.

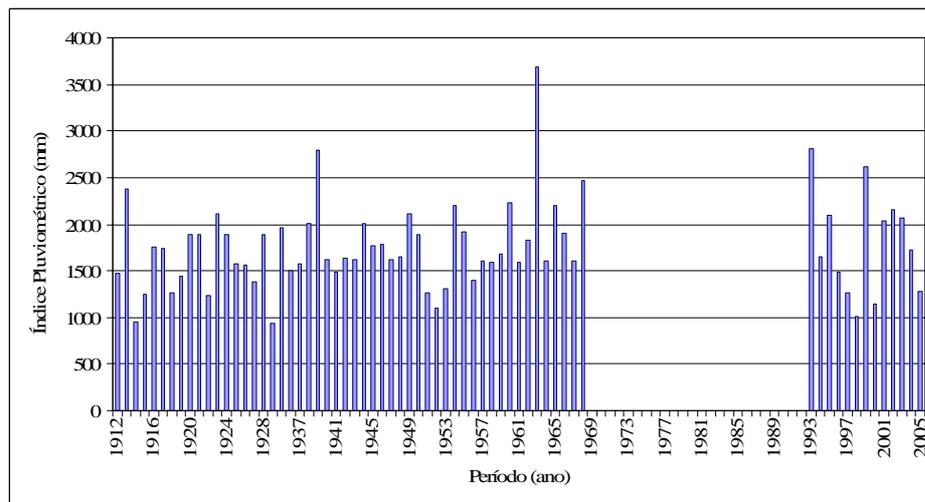


Figura 2.15: Total pluviométrico de João Pessoa referentes ao período de 1912 a 2006 (com falhas entre 1969 e 1992).

O histograma do total anual para João Pessoa é apresentado na Figura 2.16, em que a média pluviométrica anual é 1.745,83 mm. O aproveitamento da água de chuva para o abastecimento público depende da área de captação, da demanda e da precipitação local. Segundo Azevedo Netto (1991, *apud* FENDRICH, 2002), o aproveitamento de água de chuva para abastecimento público é disponível de acordo com a precipitação média anual, considerado baixo quando menor que 1.000 mm, razoável quando a precipitação está entre 1.000 e 1.500 mm, muito bom entre 1.500 e 2.000 mm e excelente quando maior que 2.000 mm. Portanto, de acordo com a média anual pluviométrica, a cidade de João Pessoa tem uma

disponibilidade hídrica muito boa para o armazenamento da água de chuva. A ferramenta para análise da precipitação, transformada *wavelet* poderá confirmar esses dados.

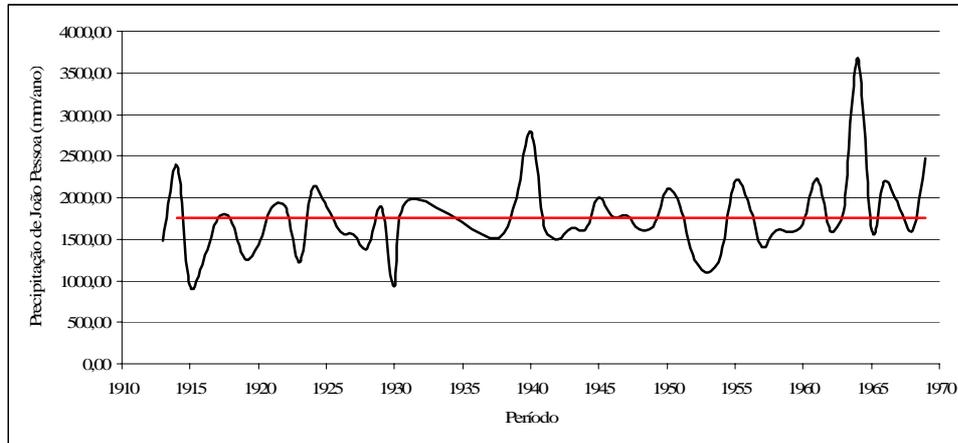


Figura 2.16: Histograma anual para a cidade de João Pessoa.

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que a estação chuvosa na cidade de João Pessoa está concentrada entre os meses de março a agosto, sendo que a média mensal máxima acontece no mês de junho, com 320,84 mm. Os valores mínimos de precipitação ocorrem entre os meses de setembro e fevereiro, com mínima pluviométrica no mês de outubro, com 25,05 mm.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS FECHADOS

O novo panorama das atuais cidades brasileiras, caracterizado pelo crescimento desordenado e a falta de segurança, vem afetando de modo significativo a vida de seus habitantes. Silva (2006) enfatiza que os condomínios horizontais fechados ou comumente chamados de enclaves são inspirados no modelo americano que tem como um dos objetivos principais privatizar os espaços públicos, em que ruas, praças e espaços de lazer ficam contidos dentro de muros e são restritos apenas para seus moradores.

O lançamento de condomínios horizontais fechados vem alcançando números significativos em várias cidades brasileiras, consolidando-se como um novo conceito de moradia que une a função de abrigo, segurança, infra-estrutura básica e lazer. (BRANDSTETTER, 2001).

De acordo com Almeida (2004 *apud* CAMPOS, 2007), a população está migrando cada vez mais para os condomínios horizontais por diversos motivos, tais como o afastamento da correria da vida metropolitana, da aglomeração de pessoas e carros, dos atrasos, da poluição, da falta de atrativos naturais (incluindo os lagos artificiais), pela moda e status de morar nesses empreendimentos e, especialmente, por causa da violência da “cidade selvagem”. A opção em morar nesses locais tornou-se um eficiente meio de sucesso imobiliário, ocupando, principalmente, os espaços desocupados entre o núcleo consolidado, os fundos de vale e a mais pobre e distante periferia. Associado ao novo negócio, o *marketing* aguçou o desejo de morar “tranquilamente”.

Os condomínios horizontais fechados foram inicialmente concebidos visando as parcelas mais nobres da sociedade, transformando-se rapidamente em fontes de ganhos imediatos para os investidores e agentes imobiliários (CAMPOS, 2007; GALVÃO, 2007). Sobarzo Miño (2004) enfatiza ainda que o loteamento fechado representa o anseio de uma

parcela da população em deixar a cidade aberta e seus espaços públicos. Essa parte da população é a mesma que procura abandonar o centro da cidade como local de compras e passeio, e a erigir o *shopping center* como um dos espaços da socialização. Meyer-Kriesten & Bähr (2004, *apud* GALVÃO, 2007) afirmam ainda que os condomínios horizontais fechados buscam atender às necessidades de parte da população que procura abandonar a cidade real e seus espaços públicos.

Para Sobarzo Miño (2004), os condomínios fechados espelham a superficialidade da nossa modernidade, onde o indivíduo tem uma necessidade maior de parecer do que propriamente ser. Isso fica bem claro para ele nas estratégias de comercialização dos condomínios, em que sempre são destacados aspectos como primeiro mundo, arte de viver, viver com estilo, estilo moderno de morar, etc.

O primeiro condomínio horizontal fechado instalado no Brasil, segundo Galvão (2007), foi implantado pela empresa Alphaville Urbanismo S.A. (Figura 3.1), em 1970, no município de Barueri, na Região Metropolitana de São Paulo, criando, a partir de então, um novo modelo de suburbanização. O sucesso foi tamanho que atualmente os empreendimentos Alphaville são estruturados com escolas, hospitais, bancos, hotéis, comércio consolidado e até luxuosos *shoppings centers*. Em todo o Brasil são aproximadamente quarenta Alphas e dois em Portugal, entre os que estão em funcionamento e aqueles em fase de implantação.



Figura 3.1: Primeiro condomínio horizontal brasileiro.

Fonte: Alphaville Urbanismo S. A.

Em geral, os condomínios fechados possuem grandes áreas verdes existentes tanto nas áreas comuns aos condôminos quanto em suas residências particulares, reservas ambientais, área de lazer, etc. As áreas verdes requerem cuidados e manutenção constantes, sendo assim,

pode-se observar um maior consumo de água comparando-se às residências que não fazem parte de condomínios horizontais fechados.

Uma alternativa proposta para minimizar o consumo de água potável em condomínio desse tipo é o aproveitamento da água de chuva captada a partir dos telhados das residências e o seu armazenamento em reservatórios para utilização em finalidades não potáveis, tais como irrigação de jardins, lavagem de carros, lavagem de calçadas, etc.

Como benefícios relacionados com a captação da água de chuva poderão ser observados o armazenamento da água de chuva para utilização nos períodos de seca e quando ocorrer problemas de abastecimento, e a possibilidade da redução no consumo de água doce no condomínio.

Comparando a estrutura dos condomínios horizontais com as cidades, verifica-se a importância da pesquisa para as cidades que possuem condomínios horizontais e as que pretendem implantá-los, de modo que os resultados obtidos podem ser levados para cidades que enfrentam dificuldades no abastecimento de água, altos custos com água potável, problemas de enchentes devido a chuvas fortes, e outros de ordem econômica e social.

Nesse contexto, será realizada uma quantificação dos usos de água no condomínio em estudo e verificada a viabilidade do aproveitamento da água de chuva para ser utilizada em atividades não potáveis como fonte alternativa para a escassez da água.

3.2 DEMANDA POR ÁGUA

A maior reserva de água doce do mundo encontra-se no Brasil, sendo que a maior parte desta água é encontrada em regiões pouco densas, caso da Amazônia; e, em outras regiões, observa-se uma menor quantidade de água disponível para uma maior população. Na Bacia Amazônica encontra-se 73% da água do Brasil para uma população de 5% de brasileiros, enquanto que em muitas regiões do Nordeste a água encanada é escassa (DIAS *et al.*, 2006).

No último século a demanda por água aumentou seis vezes enquanto que a população cresceu apenas três, como consequência grave pode ser observada a redução da água para o consumo (TUCCI, 2002 *apud* PIZAIA *et al.*, 2005). O consumo residencial de água potável varia de acordo com hábitos, costumes e disponibilidade hídrica de cada região. Em média, o consumo de água em pequenas cidades do Nordeste brasileiro, segundo Azevedo Netto (1998),

é de 100 L/hab-dia, enquanto que na cidade de São Paulo o consumo fica em torno de 200 L/hab-dia.

Oliveira *et al.* (2003) lembra que a demanda per capita em áreas urbanas pode variar entre 100 L/hab-dia a 400 L/hab-dia dependendo do tipo de edificação. O SNIS (2001) realizou um diagnóstico dos serviços de água e esgotos e constatou que o consumo médio per capita no Brasil gira em torno de 140 L/hab-dia, variando entre 50 L/hab-dia e 220 L/hab-dia.

O consumo de água nos setores doméstico, comercial, público, industrial e agrícola é distinto, e segundo dados da ANA (*apud* PETERS, 2006), do total da demanda no Brasil (2.178 m³/s), 56% da água é utilizado na irrigação (agricultura), 21% em finalidades urbanas, 12% na indústria, 6% no consumo rural e 6% na dessedentação de animais. Estimando o consumo interno de água em uma residência, o maior vilão continua sendo a descarga na bacia sanitária, atingindo 41% do consumo total, segundo Qasim (1994, *apud* TOMAZ, 2003). A Tabela 3.1 apresenta a distribuição do consumo de água em uma residência.

Tabela 3.1: Distribuição do consumo de água em uma residência.

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 da casa	3%
Rega de jardim com sprinkler	3%
Lavagem de carros	1%
Total	100%

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

Nos Estados Unidos existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial que é semelhante ao adotado pelas companhias norte americanas de eletricidade. As Tabelas 3.2 e 3.3 apresentam os parâmetros técnicos utilizados nos EUA para estimar o consumo residencial de água potável interno e externo, respectivamente, segundo Tomaz (2000 *apud* PETERS, 2006) e a Tabela 3.4 apresenta a porcentagem dos usos de água nos

EUA. Pegorin (2001 *apud* ALBUQUERQUE, 2004) afirma que, no Brasil, o vaso sanitário também é um fator preocupante, verificando um consumo total de 33% (Tabela 3.5), enquanto que na cidade de São Paulo, segundo Anecchini (2005), é consumido 29% do total de água em uma residência, verificado na Tabela 3.6.

Tabela 3.2: Parâmetros técnicos estimativos para o cálculo da demanda residencial interna nos EUA.

Uso Interno	Unidades	Faixas	Uso Interno	Unidades	Faixas
Nº de habitantes	m ³ /hab/mês	2–3	Vazão nos chuveiros	Litros/segundos	0,09–0,3
Descarga na bacia	Descarga/hab/dia	4–6	Máquina de lavar roupa	Carga/hab/dia	0,2–0,3
Volume de descarga	Litros/descarga	6–30	Volume de água	Litro/ciclo	170,1–189,0
Vazamento nas toilets	Porcentagem	0–30	Torneira de cozinha	min/hab/dia	0,5–3,0
Frequência de banho	Banho/hab/dia	0–1	Vazão da torneira	Litros/segundo	0,13–0,19
Duração do banho	Minutos	5–15	—	—	—

Fonte: Adaptado de TOMAZ (2000 *apud* PETERS, 2006).

Tabela 3.3: Parâmetros técnicos estimativos da demanda residencial para uso externo nos EUA.

Uso Externo	Unidades	Faixa	
		Inf.	Sup.
Casas com piscina	Porcentagem	*	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	*	2
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	1	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	*	150
Mangueira de jardim ½"x20m	Litros/dia	*	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	*	3
Perdas p/ evap. em piscinas	Litros/dia/m ²	2,5	5,75
Reenchimento de piscinas	5 anos	1	2
Tamanho da casa	m ²	30	450
Tamanho do terreno	m ²	125	750

* Não há dados disponíveis. Fonte: Adaptado de TOMAZ (2000 *apud* PETERS, 2006).

Tabela 3.4: Consumo de água interno em uma residência nos Estados Unidos.

Tipos de uso da água	Porcentagem
Descargas na bacia sanitária	27%
Chuveiro	17%
Lavagem de roupa	22%
Vazamentos em geral	14%
Lavagem de pratos	2%
Consumo nas torneiras	16%
Outros	2%
Total	100%

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

Tabela 3.5: Uso doméstico da água no Brasil.

Tipos de uso da água	Porcentagem
Descargas na bacia sanitária	33%
Consumo: cozinhar e beber	27%
Higiene: banho, escovar dentes	25%
Lavagem de roupas	12%
Outros: lavagem de carro	3%
Total	100%

Fonte: Albuquerque (2004).

Tabela 3.6: Distribuição do consumo de água em uma residência na cidade de São Paulo.

Tipos de uso da água	Porcentagem
Descargas na bacia sanitária	29%
Chuveiro	28%
Pia de cozinha	17%
Máquina de lavar roupa	9%
Lavatório	6%
Tanque	6%
Máquina de lavar louça	5%
Total	100%

Fonte: Uso racional da água – USP (2005 *apud* ANNECCHINI, 2005).

Na Tabela 3.7 pode ser verificada a demanda de água potável por unidade hidráulico-sanitária no Brasil Peters (2006). Peters (2006) informa ainda que o consumo residencial pode ser dividido em dois grupos distintos, os que utilizam a água potável para higiene pessoal, água para beber e na preparação de alimentos; e os usos não potáveis, como a lavagem de roupas, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e veículos e na descarga da bacia sanitária. De acordo com a literatura, a água destinada para finalidades não potáveis gira em torno de 40 a 50% do total demandado em uma residência.

A demanda por água é elevada nos condomínios horizontais fechados, principalmente utilizada na irrigação de jardins. Vickers (2001 *apud* TOMAZ, 2003) apresenta uma estimativa semanal de água para jardinagem de acordo com a área a ser irrigada, como apresentado na Tabela 3.8.

Tabela 3.7: Demanda nas unidades hidráulico-sanitárias.

Fonte	USP (2003)	IPT (2006)	Deca (2006)	PNCDA (2005)	Almeida <i>et al.</i> (1999)	Ikedo (2006)
Bacia sanitária	29%	5%	14%	5%	30,8%	33%
Chuveiro	28%	54%	47%	55%	11,7%	25%
Lavatório	6	7%	12%	26%	12,6%	25%
Pia de cozinha	17%	17%	14%	26%	13,0%	27%
Máquina de lavar roupa	9%	4%	8%	11%	16,2%	12%
Tanque	6%	10%	5%	–	–	12%
Máquina de lavar louça	5%	3%	–	–	–	–
Outros	–	–	–	3%	15,7%	3 %
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: PETERS (2006).

Tabela 3.8: Estimativa semanal de água para jardinagem.

Quantidade de água irrigada por semana		Volume semanal em litros de água de irrigação para jardins conforme área de jardim					
Polegadas	Centímetros	50 m ²	100 m ²	200 m ²	300 m ²	400 m ²	500 m ²
½"	1,27 cm	590	1179	2358	3537	4716	5895
1"	2,54 cm	1179	2358	4716	7074	9432	11790
2"	5,08 cm	2358	4716	9432	14148	18864	23580
3"	7,62 cm	3538	7076	14152	21228	28304	35380
4"	10,16 cm	4716	9432	18864	28296	37728	47160

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

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

3.3 PROBLEMÁTICA DA ÁGUA DOCE

A escassez da água é um problema enfrentado em vários locais do mundo, ocasionada em grande parte pelo consumo elevado dos recursos hídricos e seu uso inadequado, poluição dos mananciais, desperdício, mudanças climáticas e, principalmente, por sistemas deficientes de políticas públicas no incentivo ao uso sustentável da água. No Brasil a escassez é verificada com mais intensidade na região Nordeste. Segundo Domingos *et al.* (2005), do consumo de água doce no mundo, 65% são designados para agricultura, 25% são destinados para as instalações industriais e apenas 10% são utilizados para fins urbanos.

O Brasil possui a maior reserva de água doce mundial, contudo não é verificada uma uniformidade em sua distribuição. Grande parte da água doce do país pode ser encontrada na Amazônia, enquanto que o Nordeste apresenta baixos índices de pluviosidade, acarretando secas periódicas que dificultam o processo de desenvolvimento da região.

O modo que os recursos hídricos são utilizados e gerenciados retrata a degradação ambiental e o risco iminente de escassez de água que afetam a qualidade de vida dos cidadãos (SHUBO, 2003). A escassez de água é um problema constante na vida do nordestino brasileiro, agravada pelo uso desordenado dos recursos naturais e pelo elevado crescimento demográfico ocorrido nas últimas décadas. Portanto, é inevitável a realização de um correto gerenciamento da demanda de água e o seu uso eficiente fundamentais ao desenvolvimento sustentável.

O Nordeste brasileiro recebe mais chuva do que a Espanha, mas sofre pela falta de água por uma combinação de três fatores: as chuvas concentram-se em um período muito curto, o solo rochoso não permite que a água alimente os lençóis subterrâneos, e a forte insolação transforma em vapor 90% da água trazida pelas chuvas (revista VEJA, 1999).

Estudos realizados por Jalfim (2001) revelaram que o consumo humano de água no meio rural do semi-árido brasileiro é, em média, de seis litros per capita por dia, em que 3,5 litros desta água são destinados para beber e 2,5 litros para cozinhar.

De acordo com Machado & Cordeiro (2002), a captação das águas pluviais deve ser enquadrada nas ações de gerenciamento da demanda da água em conjunto com o reúso da água residencial e industrial, controle de vazamentos na rede pública, dentre outros.

É necessário buscar sistemas alternativos para a conservação, preservação e gerenciamento da água doce mundial. Como soluções alternativas para contornar o problema da escassez, Anecchini (2005) destaca o aproveitamento da água de chuva, o reúso de águas servidas e a dessalinização da água do mar; contudo, o gerenciamento da demanda da água pluvial é um item simples e menos oneroso para preservação e conservação da água potável, reduzindo o escoamento superficial e promovendo a sustentabilidade urbana.

O aproveitamento da água de chuva é considerado uma opção correta do ponto de vista ambiental, já que essa contribui para diminuição da captação e conseqüentemente para redução das vazões de lançamento de efluentes das estações de tratamento de esgotos, problema sério em regiões com grandes áreas pavimentadas. Entretanto, para que essa técnica possa ser utilizada é necessário levar em consideração a questão da saúde pública (RAPOPORT, 2004).

3.4 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

GOULD & NISSEN-PETERSEN (1999 *apud* PROTI, 2006) enfatiza que existem registros da utilização das águas pluviais desde antes a época de Cristo e, de acordo com Smert & Moriarty (2001 *apud* MANO, 2004), a água era coletada a partir dos telhados e outras superfícies impermeáveis e armazenada em tanques subterrâneos e reservatórios enterrados (cisternas), na forma de cúpulas de alvenaria.

Na ilha de Creta podem ser verificados inúmeros reservatórios escavados em rochas anteriores a 3000 a.C. com a finalidade de aproveitamento da água da chuva para o consumo humano. No palácio de Knossos, nessa mesma Ilha, a aproximadamente 2000 a.C. era aproveitada a água de chuva para descarga em bacias sanitárias. A utilização da água de chuva também é verificada na Mesopotâmia por volta de 2750 a.C. (Rainwater Technology Handbook, 2001 *apud* TOMAZ, 2003).

Devido ao surgimento dos sistemas de fornecimento de água potável pelas concessionárias, a utilização da água de chuva foi negligenciada (PROTI, 2006). Porém, o seu aproveitamento começa a ganhar força novamente. Em dias atuais, o aproveitamento da água

de chuva é praticado em vários países, tais como Alemanha, Japão, Austrália e Estados Unidos (JAQUES *et al.*, 2006; REBELLO *et al.*, 2006; ALBUQUERQUE & RIBEIRO, 2006; OLIVEIRA, 2007).

No Japão, os *Dome Stadiums*, estádios e complexos esportivos (Figura 3.2) são de grande importância para o país, principalmente por serem construções com imensas áreas de captação de água de chuva para irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários, com capacidade de armazenamento para grandes volumes de água (ZAIZEN *et al.*, 2000 *apud* OLIVEIRA, 2007).

O *Ryogoku Kokugikan*, ginásio da Associação Japonesa de Sumo (Figura 3.3a), na cidade de Sumida, concluído em janeiro de 1985, foi uma das primeiras instalações privadas do Japão a introduzir sistema de armazenamento e utilização das águas pluviais em grande escala. Em órgãos públicos, a construção da nova sede da prefeitura de Sumida, região metropolitana de Tóquio, inaugurada em fevereiro de 1990, às margens do rio Sumida, Figura 3.3b, onde foi introduzido um sistema de utilização das águas pluviais, acoplado a um sistema de reciclagem das águas servidas (RAINWATER REPORT, 1994 *apud* FENDRICH, 2002).

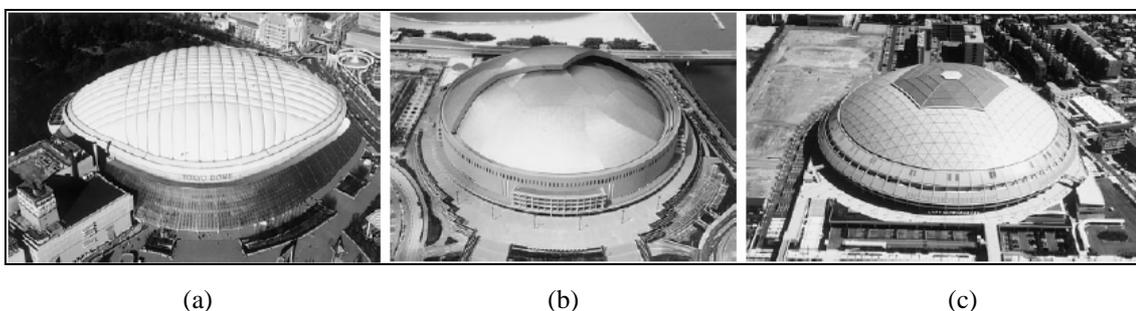


Figura 3.2: *Dome Stadiums* (a) Tokyo *Dome*, construído em 1983; (b) Fukuoka *Dome*, construído em 1993; (c) Nagoya *Dome*, construído em 1997.

Fonte: Adaptado de ZAIZEN *et al.*, (2000 *apud* OLIVEIRA, 2007).

Na Austrália, a idéia de estocar água para ser utilizada posteriormente surgiu em 1948. Um estudo realizado no sul deste país mostrou que mais de 80% da população rural utiliza a água da chuva como fonte de abastecimento, contra apenas 28% da população urbana (PROSAB, 2006 *apud* OLIVEIRA, 2007). Gardner *et al.* (2002 *apud* MAY, 2004) enfatizam ainda que o sistema de aproveitamento de água de chuva proporciona uma economia de 45% do consumo total de uma residência e 65% na agricultura. Segundo Krishna (2005 *apud*

OLIVEIRA, 2007), pelo menos quinze estados e territórios norte-americanos utilizam sistemas de aproveitamento de água de chuva, aproximadamente meio milhão de pessoas são beneficiadas por algum tipo de sistema de aproveitamento em suas atividades diárias.

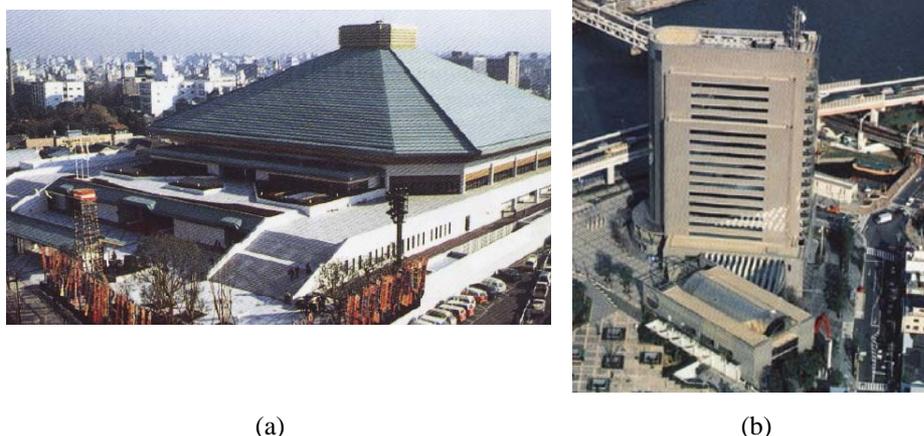


Figura 3.3: Sistema de armazenamento e utilização das águas pluviais em grande escala ($V = 1.000 \text{ m}^3$) (a) Ginásio de Sumô *Ryogoku Kokugikan*, na Cidade de Sumida, Japão e (b) sede da prefeitura de Sumida.

Fonte: RAINWATER REPORT (1994 *apud* FENDRICH, 2002).

Na Holanda, a água de chuva é coletada com o intuito de evitar o transbordamento de canais que rodeiam o país, localizado abaixo do nível do mar. A água armazenada tem seu destino para a irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. Na Alemanha, o processo de coleta e aproveitamento de água de chuva ajudou a solucionar os problemas causados pela má qualidade da água distribuída (PNUMA, 2001 *apud* MAY, 2004). O Quadro 3.1 apresenta algumas experiências sobre esse tema.

Já no Brasil, o sistema de aproveitamento de água de chuva ainda está em pleno desenvolvimento, existindo poucos estudos a respeito da captação de água de chuva, utilizada como fonte de suprimento de água em algumas cidades do Nordeste, principalmente na região do semi-árido. Gnadlinger (2001) relata que no semi-árido brasileiro os tipos de cisterna mais utilizados são a cisterna de placas e a de concreto com tela de arame (Figura 3.4).

Segundo Sonda *et al.* (2001 *apud* MAY, 2004), a utilização de cisternas no semi-árido trouxe alguns benefícios aos moradores, tais como, facilidade para a dona de casa, minimizou o índice de doenças, disponibilidade de água para beber, cozinhar e limpeza, dentre outros.

Quadro 3.1: Algumas experiências em captação de água de chuva no Brasil e no mundo.

Localidade	Experiência
Campina Grande –PB (Brasil)	A Fábrica Silvana, de fechaduras, dobradiças etc, capta água de chuva do telhado, depois a água é tratada e utilizada em toda produção da fábrica e nos demais compartimentos da mesma (banheiros etc.) (Albuquerque, 2004)
Guarulhos – SP (Brasil)	Foi colocado no novo código de obras, Lei nº5617 do ano de 2000, artigo 190, capítulo XII, a exigência de construção de reservatórios de retenção em lotes (Tomaz)
Gansu, China	O governo local da província colocou em prática o projeto de captação de água de chuva denominado “121”: construção de (1) área de captação de água, (2) tanques de armazenamento de água e (1) lote para plantação de culturas comercializáveis. O projeto solucionou o problema de água potável para 1,3 milhão de pessoas (260.000 famílias) (Gnadlinger, 2001)
Berlim, Alemanha	Em 1999, foi feito em um bairro com 213 pessoas, captação de água de chuva em telhados e nas ruas para que a água fosse usada principalmente em descargas de bacias e em regas de jardim. A água de chuva é filtrada e desinfetada com raios ultravioleta, e usado em média 35 L/pessoa/dia (Schmidt, 2001)

Fonte: Albuquerque & Ribeiro, (2006).

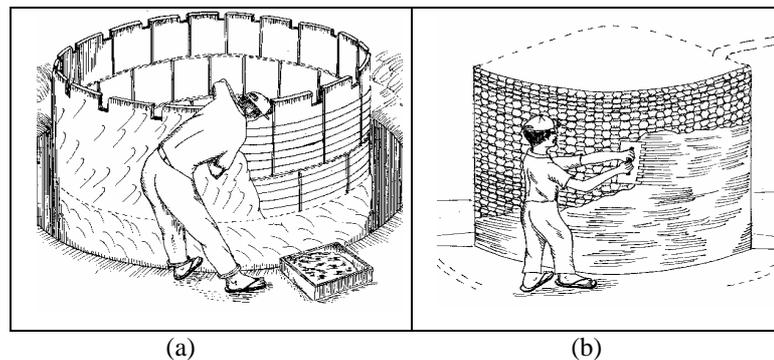


Figura 3.4: Cisternas utilizadas no Semi-Árido (a) cisterna de placa (b) cisterna de concreto.

Fonte: Gnadlinger (2001).

O posto de combustíveis Auto Posto Rick Ltda (Figura 3.5a) e o posto de combustíveis Criança (Figura 3.5b) localizados na cidade de Curitiba utilizam o sistema de aproveitamento de água de chuva. No Auto Posto Rick Ltda, as águas pluviais são coletadas na cobertura, cuja área é de 300 m² e, numa área do piso externo, com 50 m² de área, por meio de canaletas. As características do sistema de coleta, armazenamento e utilização das

águas pluviais do Posto Criança são idênticas às descritas para o posto de combustíveis Auto Posto Rick Ltda (FENDRICH, 2002).



Figura 3.5: Postos de combustíveis com sistema de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em Curitiba (a) Auto Posto Rick Ltda e (b) Posto de combustíveis Criança.

Fonte: FENDRICH (2002).

3.4.1 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Para utilizar a água de chuva, deve-se coletar a precipitação a partir de uma área de captação, geralmente são utilizados os telhados, e utilizar esta água acumulada em reservatórios com o intuito de atender os consumos desejados. Segundo Costa *et al.* (2006), os elementos que constituem os sistemas para captação de água de chuva são entendidos como área de captação, componentes de transporte (calhas e tubos de quedas) e a cisterna. Área de captação é aquela em que a água de chuva é coletada, sendo um ponto crítico para o dimensionamento correto do sistema, pois, a partir dela, será determinada a quantidade de água que deve ser captada e aproveitada. Para o melhor aproveitamento de água da chuva deve-se verificar a questão do seu potencial de utilização em edificações, analisando-se a relação produção versus demanda, sendo a demanda não potável, como já explicado, a principal demanda para a água da chuva.

Segundo Rebello *et al.* (2006), o sistema de aproveitamento de água de chuva pode ser implantado tanto em residências como em condomínios verticais e horizontais, em centros esportivos, galpões e armazéns, loteamentos industriais e em residências, sendo seu uso restrito para finalidades não potáveis, como lavagem de pisos, lavagem de veículos, descarga

de bacias sanitárias, regas de jardins e lavagem de roupas, descartando a hipótese de utilizar a água de chuva com finalidades potáveis, tais como, beber, cozinhar, tomar banho, etc.

De acordo com Fendrich & Oliynik (2002), as águas pluviais coletadas a partir dos telhados são seguras para beber. Porém, em alguns casos, as pessoas utilizam recipientes sujos e manuseiam os reservatórios de águas pluviais com mãos sujas, assim, as águas armazenadas também são infectadas, sendo indispensável, nesse caso, uma educação sanitária e ambiental.

O programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) confirma a segurança da água de chuva utilizada em finalidades potáveis. O P1MC foi iniciado em 2003 pela Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA) com recursos do governo federal, que tem como objetivo utilizar a água de chuva em finalidades potáveis, tais como beber e cozinhar, captada por calhas a partir dos telhados das residências e armazenadas em cisternas de placas, beneficiando cerca de 5 milhões de pessoas na região do semi-árido brasileiro em um período de 5 anos.

A água de chuva coletada através de calhas, condutores verticais e horizontais deve ser armazenada em reservatórios podendo ser de diferentes materiais. De acordo com a NBR 10844, nos condutores verticais devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro; e, nos condutores horizontais devem ser empregados os tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria. De acordo com a NBR 15527, no sistema de aproveitamento de água de chuva, a manutenção deve ser verificada frequentemente, segundo a Tabela 3.9.

Alguns fatores que podem ser considerados para a melhoria no desenvolvimento de sistemas de captação de água de chuva são citados a seguir:

- Viabilidade técnica: a construção deve ser simples com fácil obtenção dos materiais;
- Viabilidade econômica: importante o desenvolvimento de um modelo econômico para executar o sistema;
- Aceitação sócio-cultural: o sistema de instalação das unidades individuais deve apresentar o melhor entendimento possível para maior adaptação e aceitabilidade das pessoas;
- Educação sanitária: parte integral da propagação dos sistemas de captação de água de chuva com a finalidade de enfatizar a conveniência do sistema, assegurando a qualidade da água de acordo com o uso determinado.

Tabela 3.9: Frequência de manutenção no sistema de aproveitamento de água de chuva.

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

3.4.2 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

O aproveitamento da água de chuva só deve ser realizado quando constatada a sua qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

De acordo com Anecchini (2005) e Tomaz (2003), os fatores que influenciam na qualidade da água de chuva são diversos, tais como, localização geográfica (proximidade do oceano), presença de vegetação, condições meteorológicas (regime dos ventos), estação do ano e presença de carga poluidora. Em regiões próximas aos oceanos existe uma maior facilidade de encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva, em contrapartida, em regiões com grandes áreas não pavimentadas, ou seja, grandes áreas de terra, provavelmente estarão presentes na água da chuva partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro.

Uma atenção especial deve ser dada aos locais de captação da água de chuva, que, quando captada a partir do telhado é aconselhável o descarte dos primeiros milímetros para que seja feita a limpeza do telhado devido à elevada concentração de poluentes tóxicos encontrados na atmosfera de áreas urbanas, como o dióxido de enxofre (SO₂) e o óxido de nitrogênio (NO), além da poeira e fuligem acumulada nas superfícies coletoras e matéria orgânica (MAY, 2004; SIQUEIRA CAMPOS, 2004; TORDO, 2004).

Tomaz (2003) enfatiza ainda que esses locais podem conter fezes de passarinhos e outras aves, que, depositados sobre os telhados e carregadas com a chuva, podem trazer problemas de contaminação por bactérias e parasitas gastro-intestinais e, dependendo dos materiais utilizados na confecção dos telhados, a contaminação poderá ser ainda maior. E

ainda, segundo Tordo (2004), a água de chuva coletada no telhado possui uma série de microrganismos, alguns naturais, carregados pelo vento, e outros, que proliferaram no próprio meio.

Zhu *et al.* (2004 *apud* Tordo, 2004) estudaram a qualidade da água de chuva coletada de coberturas de telha cerâmica em Loess, norte da China, durante três anos. De modo que foram realizadas três tipos de coletas, através de condutores: em coberturas de telha cerâmica, em pisos pavimentados de concreto e em terra compactada. As concentrações da amostra indicam que os parâmetros encontrados estão de acordo com os padrões de qualidade da Organização Mundial da Saúde para água potável. O Quadro 3.2 apresenta os parâmetros analisados na amostra coletada da cobertura de telha cerâmica.

Quadro 3.2: Parâmetros encontrados na água de chuva no norte da China.

Tipo de cobertura	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Coliformes fecais
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	NMP/100 mL
Telha cerâmica	7,39	6,13	2,40	1,188	3,36	11,2	3,02	0,93	3000-12600

Fonte: Zhu *et al.* (2004 *apud* TORDO, 2004).

Ghanayem (2001 *apud* TOMAZ, 2003) concluiu que os melhores telhados para a coleta da água de chuva são o metálico, o asfaltado, o telhado com fibrocimento e o telhado com telhas cerâmicas. Durante seis meses foram pesquisados vários tipos de materiais para coleta de água de chuva, finalmente concluiu que, de modo geral, o pH da chuva é da ordem de 4,5 e 5,8 e, após percorrer o telhado, aumenta para 6,5, em média. Já a média para coliformes fecais encontrados em telhados cerâmicos foi 8/100 mL e 65/100 mL para coliformes totais. Para telhados de concreto foi encontrado 5/100 mL e 15/100 mL de coliformes fecais e totais, respectivamente. Nos estudos realizados por Tomaz (2003), a água de chuva deve apresentar pH na faixa de 5,8 e 8,6; coliformes fecais <1000/100 mL e sólidos em suspensão < 30 mg/L.

Rebello *et al.* (2006) estabeleceram alguns critérios para verificação da qualidade de água de chuva em finalidades não potáveis, tais como,

- Aceitabilidade do usuário devido ao aspecto estético da água, em que os parâmetros de cor, turbidez e odor, podem tornar a água com uma aparência desagradável, podendo ainda minimizar a eficiência nos processos de desinfecção (VON SPERLING, 1996 *apud* REBELLO *et al.*, 2006);
- A presença de alguns fungos, bactérias e outros microorganismos na água de chuva pode acarretar problemas sérios aos usuários;
- A dureza ou o pH podem gerar prejuízos materiais, tais como corrosão e incrustações nas instalações de armazenamento e tubulações de água pluvial.

Rebello *et al.* (2006) sugeriram também parâmetros físicos, químicos e biológicos para o controle da qualidade da água de chuva de acordo com a Tabela 3.10.

Tabela 3.10: Proposta de parâmetros de controle de qualidade em águas pluviais após coleta, filtração e armazenamento para usos não potáveis.

Parâmetros de qualidade da água de chuva		
Físicos	Químicos	Biológicos
Turbidez	pH	Bactérias heterotróficas
Cor	Dureza	Coliformes totais
Odor	DBO	Coliformes fecais
Sólidos dissolvidos		Microrganismos patogênicos (*)

(*) *Clostridium perfringens*, *Legionella* sp. *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* sp. e *Shigella* sp.

Fonte: Rebello *et al.* (2006).

Os parâmetros sugeridos por Rebello *et al.* (2006) para verificação da qualidade de água de chuva em finalidades não potáveis que estão apresentados na Tabela 3.11. Estes parâmetros encontram-se de acordo com as normas e legislações nacionais e internacionais referentes à qualidade da água, Resolução CONAMA 274/00, referente à balneabilidade, e Resolução CONAMA 357/05 referente ao enquadramento de corpos de água e diretrizes ambientais. Essas resoluções têm por objetivos auxiliar os especialistas e usuários na adoção dos valores limites para os parâmetros de águas pluviais. Os valores máximos permitidos sugeridos para os parâmetros físico-químicos são encontrados na Tabela 3.12 e para os parâmetros biológicos na Tabela 3.13.

Tabela 3.11: Proposta de parâmetros de qualidade de águas pluviais para cada um dos usos não potáveis.

Parâmetros de qualidade	Usos não potáveis			
	Lavagem de pisos e veículos	Lavagem de roupas	Jardinagem	Descarga de bacia sanitária
Físicos	Turbidez, cor, odor e sólidos dissolvidos	Turbidez, cor, odor e sólidos dissolvidos	Turbidez, cor, odor e sólidos dissolvidos	Turbidez, cor, odor e sólidos dissolvidos
Químicos	pH, DBO, dureza	pH, DBO, dureza	pH, DBO, dureza	pH, DBO, dureza
Biológicos	Coliformes totais e fecais, bactérias heterotróficas	Coliformes totais e fecais, bactérias heterotróficas	Coliformes totais e fecais, bactérias heterotróficas	Coliformes totais e fecais

Fonte: Rebello *et al.* (2006).

Tabela 3.12: Proposta de valores máximos permissíveis (VMP) de parâmetros físico-químicos para o controle da qualidade de água pluvial.

Usos não potáveis	Parâmetros físico-químicos						
	Cor	Dureza	Odor	Ph	Turbidez	Sólidos dissolvidos totais	DBO
	(uC)	(mg/L)	-	-	(uT)	(mg/L)	(mg/L)
Lavagem de pisos	20	-	Ausente	6,0 a 8,0	5	500	5
Lavagem de veículos	20	-	Ausente	6,0 a 8,0	5	500	5
Lavagem de roupas	20	150	Ausente	6,0 a 8,0	5	500	5
Jardinagem	20	-	Ausente	6,0 a 8,0	5	500	5
Descarga de bacia sanitária	20	-	Ausente	6,0 a 8,0	5	500	5

Fonte: Rebello *et al.* (2006).

Alguns fatores importantes devem ser verificados para uma melhor qualidade da água de chuva:

- A área de captação deve ser conservada limpa, impermeabilizada, feita com material não tóxico e livre de fissuras e vegetações;
- Um sistema de filtragem deverá ser implementado antes da água entrar na cisterna;

- Para evitar entrada de animais na cisterna, deve-se colocar proteções em todas as entradas do tanque;
- O tanque deve ser mantido fechado impedindo a entrada de iluminação para evitar o crescimento de algas e microorganismos e sua proliferação;
- Periodicamente deve-se realizar a limpeza de calhas, telas e outros materiais que compõem o sistema de captação;
- Não deve ser realizado o consumo direto da água do tanque sem qualquer tratamento após a primeira precipitação;
- Deve-se evitar misturar a água captada da chuva com outras fontes de água.

Tabela 3.13: Proposta de valores máximos permissíveis (VMP) de parâmetros biológicos.

Usos não potáveis	Parâmetros biológicos		
	Coliformes totais	Coliformes fecais	Clostridium perfringens
	(NMP/100 mL)	(NMP/100 mL)	(NMP/100 mL)
Lavagem de pisos	500	250	Ausente
Lavagem de veículos	500	250	Ausente
Lavagem de roupas	500	250	Ausente
Jardinagem	500	250	Ausente
Descarga de bacia sanitária	1000	500	Ausente

Fonte: Rebello *et al.* (2006).

Nas últimas décadas foi observado um aumento considerável na quantidade de estudos, a nível mundial, com enfoque na avaliação da qualidade de água de chuva armazenada em cisternas para uso não potável. Alguns pesquisadores tiveram bons resultados ao analisar a qualidade da água de chuva, concluindo que o seu uso não é prejudicial à saúde por apresentar baixo teor de poluição, porém, outros estudiosos não recomendam o uso da mesma devido à elevada presença de coliformes totais encontrados na água de chuva.

Em seus estudos, May (2004) encontrou mais de 89% das amostras com coliformes totais e a presença de coliformes termotolerantes foi observada positiva em 50% das amostras. Vaccari *et al.* (2005) apresenta como valor médio para coliformes totais 38 NMP/100mL e

para coliformes termotolerantes 9,1 NMP/100mL, coletados a partir do telhado; para as coletas de precipitação livre os autores observaram ausência em todas as análises.

Segundo a NBR 15527, os padrões de qualidade da água de chuva, para finalidades não potáveis, devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, sendo utilizada a Tabela 3.14 para usos mais restritos.

Tabela 3.14: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritos não potáveis.

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

3.4.3 RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA

Um item importante que deve ser observado é o armazenamento da água de chuva em reservatórios. Deve ser dado um cuidado especial com o seu dimensionamento, pois este determina a viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva. Segundo Siqueira Campos (2004), a área de captação é aquela onde ocorre toda a coleta da água de chuva e é considerada como sendo um ponto crítico para o correto dimensionamento do sistema de água de chuva, pois a partir dele é que será determinada a quantidade de água que poderá ser captada, armazenada e aproveitada posteriormente.

Um dimensionamento adequado do reservatório implica na redução de entupimentos, melhorando a qualidade da água captada, e a sua constante manutenção viabiliza a eficiência do sistema, evitando riscos de contaminação devido à exposição da área de captação com os diversos poluentes encontrados no ar e nos dejetos deixados pelos animais. No dimensionamento, determina-se o tamanho e localização do reservatório.

Na cidade de São Paulo, edifícios residenciais antigos estão sendo adaptados para a implantação dos sistemas de reservação de água de chuva, com finalidades não potáveis. Para as novas edificações, a utilização da água de chuva deve ser planejada desde o projeto inicial com o intuito de assegurar a qualidade do sistema. A variável mais cara no sistema de água de chuva é o reservatório inferior, com a concepção de que quanto mais chuva é armazenada melhor para o usuário, porém, esse pensamento inviabiliza o sistema. A viabilidade técnica e econômica do sistema depende das variáveis que interferem na implantação do mesmo e suas relações (AYUB *et al.*, 2005). Analisando o item viabilidade econômica, Sickermann (2002 *apud* ALBUQUERQUE, 2004) avalia os custos e a economia de água de acordo com a edificação considerada (Tabela 3.15).

Tabela 3.15: Avaliação dos custos e economia de água para a captação de água de chuva em edificações.

Tipo de edificação	Custo de implantação	Economia de água
Condomínio vertical	Baixo	Pequena (área de captação é relativamente pequena em relação ao número de habitantes)
Condomínios horizontais e Residenciais unifamiliares	Será menor se o sistema for planejado antes da construção	Grande
Galpões e armazéns	O retorno é bastante aceitável	Depende da intensidade do uso da água
Loteamentos industriais e residenciais e aeroportos	Relativamente baixo	Boa

Fonte: Albuquerque, (2004).

A partir da área de captação é possível determinar corretamente o dimensionamento do reservatório. Segundo Siqueira Campos & Amorim (2005), o reservatório é responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema. Portanto, de acordo com Yuri (2003 *apud* CARLON, 2005), para um melhor dimensionamento de áreas de coleta e armazenamento das

águas de chuva deve ser feita uma análise estatística dos períodos diários consecutivos sem precipitações para a determinação dos períodos de seca na região em estudo. Para a implantação do sistema de água de chuva é essencial o conhecimento dos seguintes parâmetros: precipitação local, área de captação, coeficiente de escoamento superficial do telhado e a demanda da água pluvial. Os métodos para o dimensionamento de reservatórios podem ser classificados quanto à utilização dos dados e apresentação dos resultados em métodos estocásticos e determinísticos. Os métodos estocásticos utilizam o cálculo de probabilidades, *e.g.*, a probabilidade de ocorrer falhas em um dado evento; os métodos determinísticos abordam os resultados de forma única, baseados em séries históricas.

Dentre os métodos determinísticos podem ser citados, o método de Rippl, método Azevedo Neto, método prático inglês e o método prático australiano. O método de Rippl apresenta algumas limitações, tais como, a não suposição de séries críticas (admitindo a série histórica como uma repetição cíclica), podendo causar o sub-dimensionamento ou super-dimensionamento do reservatório; não é possível variar a vazão regularizada em função do volume armazenado; as perdas por evaporação do reservatório não são consideradas; o reservatório é considerado cheio no início da operação (LOPES & SANTOS, 2002).

O método mais utilizado para dimensionamento do reservatório continua sendo o método de Rippl, conhecido como método de Diagrama de Massa, o qual regulariza a vazão no reservatório garantindo o abastecimento constante de água em qualquer período, seja ele úmido ou seco (TOMAZ, 2003). Uma das grandes vantagens do uso do método de Rippl é a possibilidade de resolver problemas de dimensionamento tanto em situações onde a demanda é constante como em situações onde a demanda é variável.

Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Então, deve ser utilizado um coeficiente superficial chamado de coeficiente de escoamento superficial, citado anteriormente, que é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada. Segundo Hofkes & Frasier (1996 *apud* TOMAZ, 2003) para telhas cerâmicas, o coeficiente de escoamento superficial varia entre 0,8 e 0,9. A maioria dos métodos existentes para dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais leva em consideração a demanda na época de estiagem, bem como a quantidade de água possível para captação, diferindo então a forma com a qual a demanda é estimada.

De acordo com a Environmental Protection Agency (EPA) (2004 *apud* MALINOWSKI, 2006), o sistema de reservatório de águas de reúso é semelhante ao sistema de abastecimento de água potável, em que o reservatório deve armazenar água em quantidade

suficiente para atender às flutuações da demanda. O Quadro 3.3 apresenta uma comparação entre reservatórios abertos e fechados, em que são verificados os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Quadro 3.3: Comparação entre reservatórios abertos e fechados.

Problemas	Reservatório Aberto	Reservatório Fechado
Parâmetro Físico		
Cor	Pode ser causada pela presença de húmus e finas partículas de siltes e argilas carregados através da água corrente	Podem ser causados pela presença de húmus
Odores	Exalação de ácido sulfídrico	Exalação de ácido sulfídrico
Temperatura	Durante certos períodos do ano a água pode deixar de ser utilizada	---
Temperatura de estratificação	Ocorre uma ou duas vezes por ano, dependendo da latitude	---
Turbidez	Pode ser causada pela água corrente contendo silte ou argilas finas favorecendo o crescimento de algas, afeta a estética da água de reúso	Afeta a estética da água de reúso
Químico		
Cloro	Os compostos que possuem cloro podem ser tóxicos a vida aquática	O cloro é comumente usado no controle do crescimento biológico, seus compostos podem causar odores
Oxigênio dissolvido	Baixa quantidade de OD pode causar a morte de peixes e permitir o aparecimento de odores	Falta de oxigênio pode conduzir a liberação de odores
Nitrogênio	Nutrientes são capazes de estimular o Fitoplâncton	---

Continuação Quadro 3.3: Comparação entre reservatórios abertos e fechados.

Problemas	Reservatório Aberto	Reservatório Fechado
Químico		
Fósforo	Nutrientes são capazes de estimular o Fitoplancton	---
Biológico		
Algas	Aumento de turbidez e obstrução em Filtros	---
Sujeira aquática	A presença excessiva de pássaros pode degradar a qualidade da água	---
Bactérias	O crescimento de bactérias é comum, podendo afetar possíveis usos	O crescimento de bactérias é comum, podendo afetar possíveis usos
Clorofila	Excesso de algas e matéria orgânica	---
Helmintos	Pode afetar a possibilidade de reúso	---
Insetos	Pode ser necessário o uso de inseticidas	Insetos podem entrar indevidamente nos reservatórios, sendo necessário o uso de inseticidas
Fitoplancton	Excesso de algas podem causar odores, aumento de turbidez e obstrução em filtros	---
Protozoários	Podem afetar possíveis aplicações da água de reúso	---
Vírus	Podem afetar possíveis aplicações da água de reúso	Podem afetar possíveis aplicações da água de reuso

Fonte: Adaptado Metcalf & Eddy (2003 *apud* MALINOWSKI, 2006).

Os reservatórios devem reservar parte das águas disponíveis nos períodos chuvosos, compensando as deficiências nos períodos de estiagem, regularizando, portanto, as vazões naturais (LOPES & SANTOS, 2002). O volume para armazenamento de águas pluviais depende da disponibilidade da água de chuva e deve ser calculado a partir de situações mais desfavoráveis para a hora e o dia de maior consumo.

De acordo com a NBR 15527, os reservatórios devem conter extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, acesso para inspeção, ventilação e segurança. O volume do

reservatório deve ser dimensionado de acordo com critérios técnicos, econômicos e ambientais. Segundo a NBR 5626 devem também ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo, uma vez por ano. A água reservada deve ser protegida contra a incidência de luz solar e calor, protegida também contra animais. Caso o sistema de água de chuva possua bombeamento, quando necessário, deverá atender a NBR 12214 referente ao projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.

O dimensionamento adequado de um sistema de armazenamento de água de chuva requer estudo estatístico detalhado a partir da quantidade mensal e anual de chuva observada, usando uma série relativamente longa (superior a 30 anos, pelo menos), e estudos sobre as chances de sua ocorrência a um determinado nível de probabilidade. Normalmente, alguns pesquisadores utilizam-se a média aritmética por acreditarem ser este o valor mais provável de ocorrer numa região. Porém, o elevado desvio padrão da chuva, observado nos Trópicos, indica que o uso da média poderá conduzir a erros interpretativos por não ser o valor mais provável de ocorrer (ALMEIDA, 2001).

3.4.4 NORMAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Em algumas cidades brasileiras foram criadas Leis Municipais tornando obrigatória a retenção da água da chuva na edificação, por determinado período, objetivando prevenir enchentes (SIKERMANN, 2003 *apud* GIACCHINI, 2005). Nóbrega *et al.*, (2004) concluíram ainda que a captação de água de chuva é uma solução eficiente para a crise de abastecimento de água mundial.

Com o intuito de reduzir a velocidade das águas pluviais, controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias, minimizar o consumo da água potável, o Estado de São Paulo decretou a lei estadual 12.526, que estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação das águas pluviais, para edificações que possuam área impermeabilizada superior a 500 m². A água armazenada pode ser despejada na rede pública após uma hora de chuva, pode ser infiltrada no solo e pode ser destinada para finalidades não potáveis utilizadas em edificações.

O Rio de Janeiro, a partir do decreto nº 23940, torna obrigatória, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de

drenagem, com o intuito de prevenir inundações e também de reaproveitar as águas pluviais para usos não potáveis como lavagem de veículos e partes comuns, jardinagem, entre outros.

O interesse em reaproveitar a água de chuva vem crescendo nas cidades brasileiras, com isso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas criou a norma NBR 15527 elaborada a partir da comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva (ABNT/CEET-00.001.77), de modo que os dois projetos circularam em consulta nacional por um período de 60 dias.

3.5 FERRAMENTA PARA VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE DE ÁGUA DE CHUVA

Para a captação da água de chuva é necessário fazer estudos econômicos, de aceitação social e estudos técnicos. Quanto à parte técnica, deve ser dada uma atenção especial para a análise de frequência da chuva na região em estudo, visto que a não existência de frequência menores no sinal inviabiliza a implantação do sistema (IDEIÃO *et al.*, 2006a).

Nesse contexto, uma ferramenta robusta para analisar a frequência da chuva é a transformada *wavelet*, adequada para analisar eventos irregulares e séries não-estacionárias. O termo em inglês *wavelet* associa-se a idéia de “pequenas ondas”, tendo um apelo intuitivo (DOMINGUES *et al.*, 2003). No sentido desta análise, esse termo está associado a ondas localizadas, isto é, ondas que crescem e decaem em um período limitado de tempo (TORRENCE & COMPO, 1998).

As *wavelets* são funções matemáticas que ampliam intervalos de dados, separando-os em diferentes componentes de frequência, permitindo a análise de cada componente em sua escala correspondente. Há diversas transformações matemáticas que podem ser aplicadas, das quais a transformada de Fourier é a mais popular.

As limitações da análise de Fourier clássica e que em última análise constituíram um forte incentivo para o desenvolvimento da análise por *wavelets*, é que dois sinais bem distintos no domínio temporal podem apresentar um espectro de potência bastante semelhante dominados pelos mesmos dois picos. Ou seja, um sinal simples que muda de frequência no meio da série, e um outro sinal justapondo duas frequências ao longo de toda a série, teria um espectro de potência com duas frequências, e assim, sem nenhum conhecimento adicional seria praticamente impossível dizer qual dos dois sinais produziu cada um dos espectros de

potência. De fato, toda a informação relativa à evolução temporal do sinal é perdida ao se aplicar a análise de Fourier, o que não acontece quando se aplica a análise com *wavelet*.

Segundo Bolzan (2004), a transformada *wavelet* é capaz de analisar séries-temporais obtidas de qualquer sistema físico, sendo apropriada para analisar eventos irregularmente distribuídos e séries-temporais que contenham potência não-estacionária em diferentes frequências.

De modo geral, as funções *wavelet* possuem a propriedade de dupla localização: frequência e tempo, com um compromisso entre elas, permitindo a análise de cada componente em sua escala correspondente, pela decomposição ou transformação de uma série temporal unidimensional numa imagem difusa de tempo e frequência, simultaneamente. Assim, de acordo com Ideião (2006b), é possível obter informações da amplitude de quaisquer sinais periódicos dentro da série, bem como informações de como esta amplitude varia com o tempo.

Segundo Domingues *et al.* (2003), a localização temporal ocorre por ser a função *wavelet* localizada em um intervalo finito. Dessa forma, à medida que a escala aumenta, as funções *wavelet* dessas escalas ficam localizadas em intervalos de comprimento cada vez menores. Em cada nível de escala, todas as funções *wavelet* possuem a mesma forma, só mudando seus pontos de localização, isto é, transladando. Assim é possível obter informações da amplitude de quaisquer sinais periódicos dentro da série, bem como informações de como esta amplitude varia com o tempo.

As *wavelets* contínuas são comumente utilizadas para visualizar, em um diagrama bidimensional ou tridimensional, a relação existente entre os componentes de diferentes frequências em função da escala temporal do sinal estudado, onde estas relações são comumente categorizadas como não-lineares.

Fisicamente, em um sistema natural qualquer, é importante tentar buscar relações entre os diversos fenômenos físicos atuantes no sistema natural. Por isso, as *wavelets* contínuas propiciam um meio matemático adequado para esta busca através do diagrama. Nesta visualização gráfica de uma série-temporal, o eixo y é dedicado à escala de frequências, o eixo x é dedicado à escala de tempo, e por fim, um terceiro eixo dedicado à intensidade de energia, geralmente representado por cores em um diagrama (BOLZAN, 2004). As *wavelets* contínuas mais comuns são a de Morlet, a de Paul e a Derivada Gaussiana (também chamada de Chapéu Mexicano), dentre outras.

4. METODOLOGIA: MATÉRIAS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM JOÃO PESSOA

Para caracterizar o comportamento da água de chuva na cidade de João Pessoa, foi necessário o uso de uma ferramenta robusta para análise do sinal da série pluviométrica histórica, para isso utilizou-se a transformada *wavelet*, que vem atraindo a atenção de muitos pesquisadores desde seu desenvolvimento teórico no início da década de 80 por Grossman & Morlet (1984). Essa ferramenta é apropriada para analisar eventos irregulares e séries não-estacionárias, considerada por muitos como um avanço no estudo de sinais. Para os cálculos da transformada *wavelet*, utilizou-se o programa desenvolvido por Torrence & Compo (1998), e os resultados serão apresentados divididos quanto ao espectro de potência e quanto ao espectro global, além de uma análise em uma faixa específica com o intuito de verificar as modulações existentes na série.

Enquanto que na análise clássica de Fourier usam-se senos e cosenos, na transformada *wavelet* usa-se uma *wavelet* básica ou *wavelet*-mãe, como é chamada na literatura (Figura 4.1). Estas *wavelets* têm a vantagem de incorporar uma onda de um determinado período, e de serem finitas na extensão. Supondo que a largura total desta *wavelet* é de aproximadamente 10 anos, é possível encontrar a correlação entre esta curva e os primeiros 10 anos da série original.

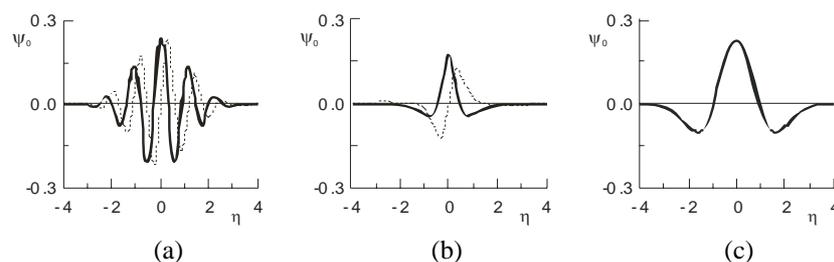


Figura 4.1: Wavelets-mãe: (a) Morlet, (b) Paul e (c) Derivada Gaussiana – DOG.

Esta correlação, que é um único número, dá uma medida da projeção deste pacote de onda nos dados durante o período; isto é, o quanto [amplitude] o período de 10 anos assemelha-se a uma onda com esta largura [frequência]. Deslizando esta *wavelet* ao longo da série, uma nova série da amplitude de projeção contra o tempo pode ser construída. Finalmente, a escala da *wavelet* pode ser variada mudando-se sua largura. Além da amplitude de qualquer sinal periódico, vale a pena obter informação sobre sua fase. A *wavelet* de Morlet, por exemplo, mostrada na Figura 4.1a, é definida como o produto de uma onda exponencial complexa em um envelope gaussiano:

$$\Psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2} \quad (4.1)$$

em que $\Psi_0(\eta)$ é o valor da *wavelet* no tempo adimensional η , e ω_0 é a frequência adimensional, igual a 6, neste estudo, a fim de satisfazer à condição de admissibilidade; isto é, a função deve ter média zero e ser localizada tanto no tempo como no espaço da frequência para ser admitida como uma *wavelet*. Esta é a função básica da *wavelet*, mas será necessário agora algum artifício para mudar o tamanho total bem como toda *wavelet* ao longo do tempo. Assim, as “*wavelets* escalonadas” são definidas como:

$$\Psi\left[\frac{(n'-n)\delta t}{s}\right] = \left(\frac{\delta t}{s}\right)^{1/2} \Psi_0\left[\frac{(n'-n)\delta t}{s}\right] \quad (4.2)$$

em que s é o parâmetro de dilatação utilizado para mudar a escala; n é o parâmetro de translação utilizado para deslizar no tempo; e o fator $s^{-1/2}$ é uma normalização para manter constante a energia total da *wavelet* escalonada.

Dada uma série temporal X , com valores x_n , no índice de tempo n , onde cada valor é separado no tempo por uma constante de intervalo de tempo δt , a transformada *wavelet* $W_n(s)$ torna-se apenas o produto interno da função *wavelet* com a série original:

$$W_n(s) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \Psi^*\left[\frac{(n'-n)\delta t}{s}\right] \quad (4.3)$$

em que (*) significa o complexo conjugado. Esta integral pode ser avaliada para vários valores de escala s , bem como para todos os valores de n entre as datas do início e do final.

Uma figura bidimensional da variabilidade pode ser construída traçando a amplitude da *wavelet* e sua fase.

Portanto, para avaliar a frequência e a quantidade de precipitação, foram analisadas duas séries de precipitação da cidade de João Pessoa, a primeira série compreende o período de 1937 a 1970, referente ao posto João Pessoa, fornecida pela Agência Nacional de Águas; e a segunda série refere-se aos dados disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba que compreende o período de 1994 a 2006.

A fim de verificar o comportamento de cada ano nas séries estudadas, foi realizada uma análise na faixa de 8–16 meses, podendo ser observado a variação da potência no domínio do tempo, o que pode revelar também uma periodicidade anual no período observado.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA DE CONSUMO

O consumo total diário de água foi calculado pela diferença de leitura do reservatório do condomínio do dia atual com o dia anterior, do mesmo modo o consumo total diário foi calculado, pela diferença de leitura do primeiro dia do próximo mês com o primeiro dia do mês posterior e dividindo o resultado obtido pela quantidade de dias existentes no mês. As leituras foram realizadas normalmente entre seis e nove horas da manhã entre o período de maio de 2005 a maio de 2007. O aparelho de medição de consumo de água faz parte do sistema de abastecimento do próprio condomínio.

4.3 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DA POPULAÇÃO DO CONDOMÍNIO EM ESTUDO

Para quantificar os usos da água potável no condomínio e verificar a aceitação social do aproveitamento da água de chuva, deve ser aplicado um questionário (Apêndice B), o que deve constar algumas questões, tais como o perfil do condômino; a percepção do mesmo em relação à análise da água de chuva; táticas para implantação de sistemas de captação de água de chuva.

O condomínio em estudo, em novembro de 2007, possuía 216 casas construídas, sendo assim, optou-se em aplicar os questionários em todas as residências, por ser considerada uma

amostra pequena. A aplicação dos questionários nas residências do condomínio foi realizada entre os meses de setembro a novembro de 2007. Para isso, contou com o apoio de membros do projeto “Aproveitamento de água de chuva para uso não potável”, do programa de bolsa de extensão da UFPB (PROBEX).

Inicialmente, as visitas foram realizadas durante a semana nos turnos manhã e tarde com a finalidade de encontrar os moradores em suas residências. Sendo verificada a ausência de alguns condôminos, decidiu-se fazer também visitas alternadas nos finais-de-semana e à noite.

4.4 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

Na coleta da água de chuva, foram descartados os primeiros milímetros de chuva, entre 1 a 2 mm, em média 15 a 20 minutos de chuva, por apresentar um elevado grau de contaminação, constatado por Tomaz (2003), May (2004) e Tordo (2004). As amostras foram coletadas em dois pontos distintos no condomínio, em garrafas plásticas de 1.500 mL, uma amostra a partir do telhado cerâmico residencial e a outra no jardim para coleta de precipitação livre. Além destas amostras de água de chuva, foi coletada, também em uma garrafa plástica de 1.500 mL, uma amostra da água do poço obtida em uma torneira residencial.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Saneamento da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para realização de 12 análises físico-químicas, em que foram analisados os parâmetros pH, condutividade, turbidez, cor, dureza, cloretos, alcalinidade, STD, nitrito, nitrato, amônia, sulfatos. As análises foram realizadas segundo as metodologias estabelecidas pelo *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater*. As amostras para análises microbiológicas foram encaminhadas para o Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sendo analisados os parâmetros coliformes totais e coliformes termotolerantes.

A legislação consultada para realização das análises microbiológicas foi a Instrução Normativa Nº 62 de 26 de agosto de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Os resultados obtidos foram comparados com a portaria Nº 518/04 do Ministério da Saúde e com a Resolução CONAMA Nº 357/05.

4.5 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O aproveitamento da água de chuva para áreas urbanas em finalidades não potáveis foi tema de normatização da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), disponível para consulta nacional no período de fevereiro a agosto de 2007. Na ABNT/CEET-00.001.77-001 estão apresentados a concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva, a metodologia de manutenção do sistema e os métodos de cálculo para dimensionamento dos reservatórios de água de chuva.

Para avaliar o tamanho do reservatório, fez-se uso do diagrama de Rippl para demanda não potável constante, utilizando o método analítico e o método gráfico, o método Monte Carlo, o prático brasileiro, o Azevedo Neto, o prático inglês e o prático australiano. Com o intuito de atender à demanda dos moradores serão dimensionados reservatórios individuais e um reservatório único, que atenda, além da demanda dos moradores, a demanda das áreas comuns do condomínio.

O método Monte Carlo é um método estatístico utilizado em simulações estocásticas que, segundo Tomaz (2003), é bastante utilizado por hidrologistas para dimensionar reservatórios. Nesse método são analisadas três fases, a primeira refere-se à entrada dos dados (*input*), a segunda fase transforma a entrada em saída e a terceira fase refere-se à verificação dos dados obtidos, ou seja, verifica-se o tamanho do reservatório.

Outro método comumente utilizado por hidrologistas para dimensionar reservatórios é o método de Rippl que, segundo Campos *et al.* (2001), esse método é de natureza empírica e o processo de armazenamento em reservatórios é um processo reconhecidamente estocástico. O método de Rippl estima a capacidade requerida por um reservatório para regularizar o deflúvio médio afluente, baseado no conhecimento da série histórica desses deflúvios. Mesmo com limitações detectadas, este método, ainda hoje, decorrido mais de um século, mantém muitos simpatizantes. De acordo com McMahon (1993 *apud* TOMAZ, 2003), o método de Rippl é fácil de utilizar e considera a sazonalidade e outros fatores.

Os sistemas são baseados em uma área de captação de água de chuva de 150 m² tanto para o sistema individual quanto para o reservatório único, número de habitantes em cada residência igual a 4 e para o coeficiente de escoamento superficial, considerou o valor igual a 0,8. A fim de aproveitar a área máxima do lote para captar a água de chuva, foi verificado o regimento interno do condomínio, em que os recuos mínimos obrigatórios são 5 m de recuo

de frente a partir do alinhamento, 3 m para o recuo dos fundos e os recuos laterais são de 2 m de cada lado, resultando em uma área máxima de captação por lote de 176 m², adotando, portanto, 150 m² para os cálculos necessários. No método de Rippl, além da média, foram calculadas as probabilidades de 75, 85 e 95% da precipitação para obtenção de melhores resultados.

Segundo o método Azevedo Neto, deve-se utilizar a equação da continuidade admitindo o reservatório de dimensões finitas. No método prático brasileiro, para dimensionar o reservatório, é considerado, a partir da série histórica, a precipitação média anual em mm (P), o número de meses com pouca chuva ou seca (T), e a área a ser coletada em projeção em m² (A). O volume do reservatório é dado então por:

$$V = 0,042PAT \quad 4.4$$

O método prático inglês considera a precipitação média anual em mm (P) e a área a ser coletada em projeção em m² (A). Dessa forma, o volume do reservatório é dado por:

$$V = 0,05PA \quad 4.5$$

Já o método prático australiano considera o coeficiente de escoamento superficial (C), a precipitação média mensal em mm (P), a altura de interceptação de água que molha as superfícies e perdas por evaporação em mm (I), e a área de coleta em m² (A), obtendo o volume mensal de chuva em m³ (Q):

$$Q = AC(P - I) \quad 4.6$$

Finalmente, o volume do reservatório é calculado por tentativa, em que V_t é o volume de água que se encontra no reservatório no final do mês t em m³; V_{t-1} é o volume de água no reservatório no início do mês t em m³; Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t ; D_t é a demanda mensal em m³:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad 4.7$$

Os métodos Azevedo Neto, prático inglês e prático australiano não consideram a demanda por água como dados de entrada, o que pode levar a volumes inadequados para a região estudada.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA EM JOÃO PESSOA

5.1.1 ESPECTRO DE POTÊNCIA DA *WAVELET*

O período analisado para avaliar a frequência e a quantidade de precipitação na cidade de João Pessoa, compreende os anos de 1937 a 1970, referente ao posto João Pessoa; e a segunda série compreende os anos de 1994 a 2006. Os totais mensais pluviométricos para a cidade de João Pessoa são apresentados nas Figuras 5.1a e 5.2a. O espectro de potência da *wavelet* que representa o valor absoluto ao quadrado da transformada *wavelet* podem ser visualizados nas Figuras 5.1b e 5.2b. Este valor informa a potência relativa em uma determinada escala em um certo tempo e apresenta as oscilações reais das *wavelets* individuais, não apenas o seu valor. Por simples observação desta figura, pode-se identificar a concentração da potência no domínio da frequência ou do tempo, na faixa de 8–16 meses.

As Figuras 5.1b e 5.2b apresentam também uma região chamada de “cone de influência”, em que os efeitos de borda devem ser levados em consideração, uma vez que as séries temporais são finitas, e por isso os picos dentro desta região são reduzidos em magnitude, desse modo torna-se incerto a diminuição de qualquer faixa de potência nesta região. Os contornos brancos nas Figuras 5.1b e 5.2b são os níveis de significância de 10%, usando um espectro de fundo de ruído vermelho. Se um pico no espectro de potência da *wavelet* estiver acima deste espectro de fundo, supõe-se que o mesmo seja uma característica verdadeira com um percentual de confiança. Podemos dizer que seria “significância de nível de 10%” que equivale a um percentual de confiança de 90%, isto implica que 10% da potência da *wavelet* deve estar acima deste nível.

Os espectros de potência mostraram claramente as concentrações existentes em várias faixas, revelando que a periodicidade anual foi a frequência que se manteve permanente em todo o período analisado (8–16). Uma periodicidade de quatro anos também foi observada durante a década de 60, como também a partir da década de 90; entretanto, no presente caso, a série é muito curta para se confirmar tal periodicidade, motivo pelo qual tal concentração se encontra dentro do “cone de influência”.

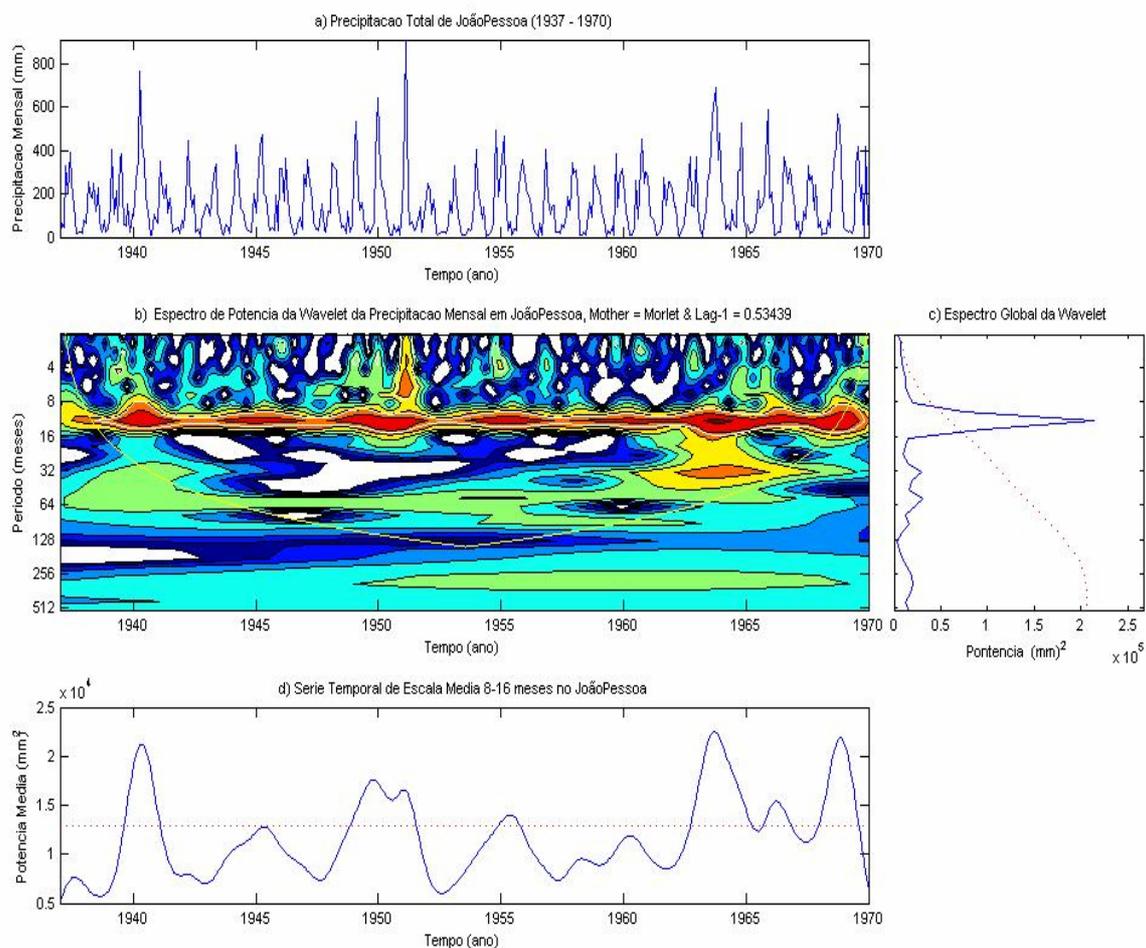


Figura 5.1: (a) Precipitação mensal total na cidade de João Pessoa no período de 1937 a 1970. (b) Espectro *wavelet* de potência normalizado usando a *wavelet*-mãe de Morlet. (c) Espectro global de potência da *wavelet*. (d) Série temporal da escala-média da faixa de 8-16 meses. As linhas pontilhadas em (c) e (d) são a significância de 10% para o espectro global da *wavelet*.

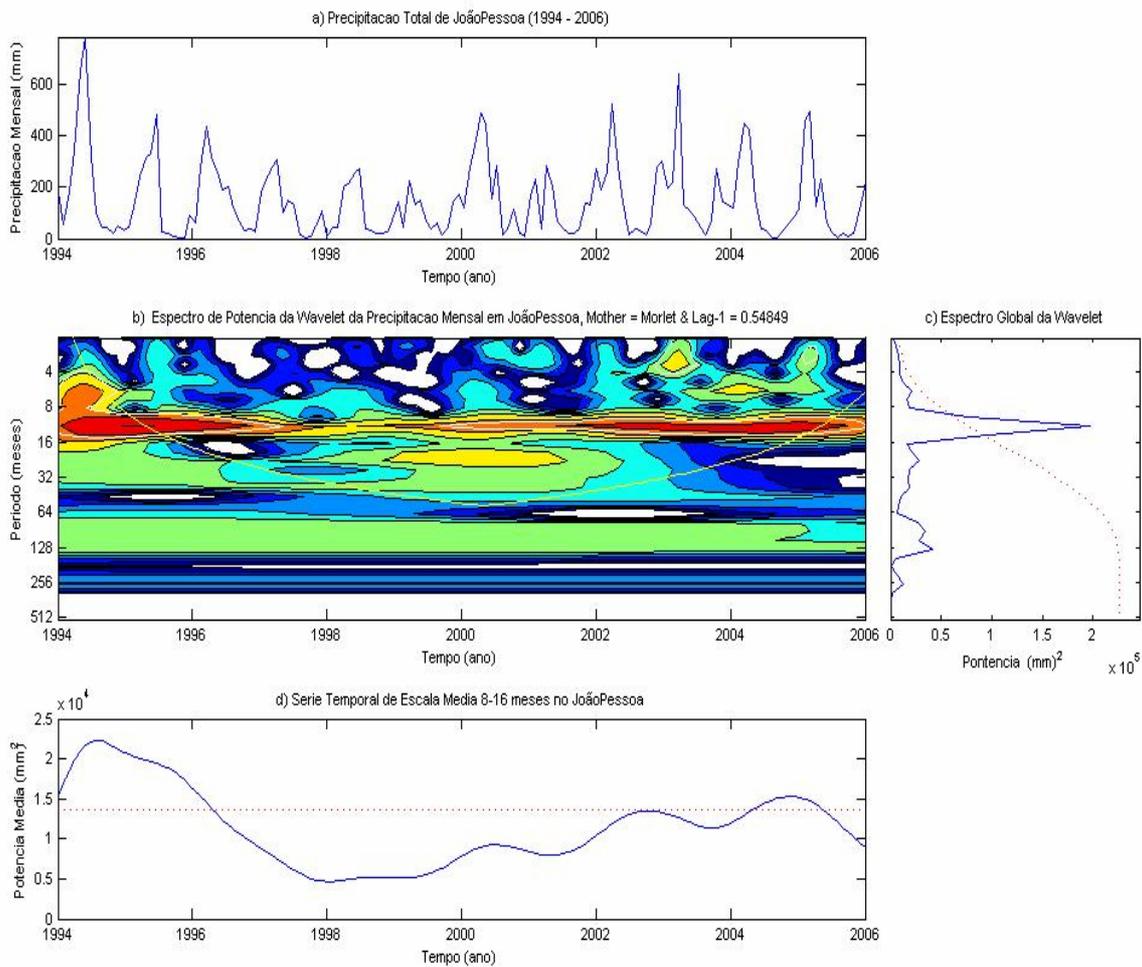


Figura 5.2: (a) Precipitação mensal total na cidade de João Pessoa no período de 1994 a 2006. (b) Espectro *wavelet* de potência normalizado usando a *wavelet*-mãe de Morlet. (c) Espectro global de potência da *wavelet*. (d) Série temporal da escala-média da faixa de 8–16 meses. As linhas pontilhadas em (c) e (d) são para a significância de 10% para o espectro global da *wavelet*.

5.1.2 ESPECTRO GLOBAL DA WAVELET

As Figuras 5.1c e 5.2c representam o espectro global da *wavelet* que fornecem uma estimativa não tendenciosa e consistente do espectro de potência verdadeiro da série, o qual ajuda a caracterizar a variabilidade da série. Este espectro é obtido pela integração do espectro de potência da *wavelet*. Nos espectros globais, observa-se que as séries estudadas têm uma periodicidade anual, sendo esta uma característica verdadeira do sinal, uma vez que estar acima da linha tracejada, que representa um percentual de confiança de 90%, implicando que na cidade de João Pessoa existe uma estação chuvosa por ano.

5.1.3 SÉRIE TEMPORAL DA ESCALA-MÉDIA

A *wavelet* de potência da escala-média (Figuras 5.1d e 5.2d) é uma série temporal da variação média em uma determinada faixa; ela é utilizada para examinar uma modulação de uma série por outra, ou uma modulação de uma frequência por outra dentro da mesma série, mostrando o comportamento de cada ano da série estudada. Esta figura é obtida a partir da média das Figuras 5.1b e 5.2b, respectivamente, de todas as escalas na faixa entre 8–16 meses, que fornece a medida da variação média do ano contra o tempo. Esta faixa de 8–16 meses foi escolhida, pois retrata o comportamento de todos os anos presentes nas séries estudadas. As reduções importantes da potência nesta faixa representam os períodos secos, e o contrário representa os períodos chuvosos. Os períodos chuvosos são identificados como sendo os de 1939 a 1942, 1948 a 1952, 1954 a 1956, 1963 a 1970, 1994 a 1996 e o ano de 2005, de acordo com o teste de significância de 10%. Estes períodos chuvosos são importantes para a recarga dos reservatórios, os quais serão amplamente utilizados nos períodos seguintes de estiagem.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA DE CONSUMO

O consumo total mensal de água (m^3) e a precipitação mensal (mm) para o período de maio de 2005 a maio de 2007, período em que foi medido o consumo de água no condomínio, são apresentados na Tabela 5.1. As leituras não foram efetuadas entre os dias 14 de dezembro e 29 de dezembro de 2005, devido a problemas técnicos com o aparelho de medição do consumo de água no condomínio, ocasionando perda de dados para o presente período. Assim, o consumo médio diário para este período foi obtido através da diferença de leituras do dia 13 e 29 de dezembro de 2005 e o resultado dividido por 17 dias.

Para a obtenção da precipitação total foram utilizadas as médias de dois postos pluviométricos da cidade de João Pessoa. A maior precipitação observada ocorreu no dia 22 de fevereiro de 2006, com 105,54 mm, quando foi observado um consumo total no condomínio de $583 m^3$, enquanto que o menor consumo total observado de $103 m^3$ foi no dia 03 de maio de 2007, e ironicamente não houve precipitação neste dia. Entretanto, normalmente os maiores consumos diários estão associados aos dias com menores índices pluviométricos.

Por exemplo, a Figura 5.3 apresenta o hietograma diário em João Pessoa e o consumo total diário para a área em estudo. Por simples observação dessa figura, pode-se verificar que

nos períodos chuvosos o consumo de água diminui no condomínio, enquanto que nos períodos de estiagem, o consumo de água é elevado, constatando que os moradores, em dias chuvosos diminuem ou não realizam algumas atividades, tais como irrigação de jardins, lavagem de carros, lavagem de calçadas, etc. Observou-se também uma redução no consumo de água nos dias posteriores à ocorrência de chuvas, podendo-se afirmar que grande parte do consumo de água do condomínio é destinada à irrigação de jardins. Os períodos menos chuvosos de maio de 2005 a maio de 2007 encontram-se entre os meses de setembro a janeiro, meses estes em que são observados os maiores consumos de água.

Tabela 5.1: Consumo mensal de água (m³) e precipitação mensal (mm).

2005												
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo	-	-	-	-	9751	6750	9326	9937	13324	18082	19528	20489
Precipitação	-	-	-	-	167	295	104	199	76	13	11	24
2006												
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo	20647	18222	17473	12090	9359	7942	9958	11127	13412	20479	19268	19498
Precipitação	16	158	130	204	83	208	137	125	29	19	40	40
2007												
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo	17515	14836	13880	13169	12017	-	-	-	-	-	-	-
Precipitação	55	190	130	168	178	-	-	-	-	-	-	-

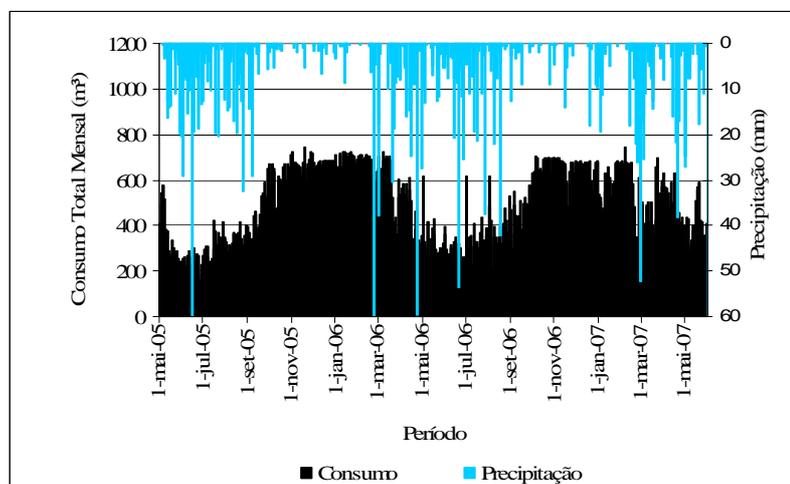


Figura 5.3: Consumo total diário no condomínio (m³) e precipitação diária em João Pessoa.

5.3. DETERMINAÇÃO DO PERFIL DOS MORADORES DO CONDOMÍNIO

Com objetivo de determinar o uso da água no condomínio, foi aplicado um questionário aos moradores de 175 residências, das 216 existentes (Figura 5.4). A diferença significativa entre o número total de casas entrevistadas previstas e as atendidas ocorreu pelo fato de algumas casas estarem desocupadas ou pela dificuldade de encontrar alguns moradores em suas residências. As visitas foram realizadas em dias e horários variados com o intuito de minimizar a falta de questionários não respondidos. Porém, estatisticamente, o tamanho da amostra analisada, 81% do total, satisfaz as metas da dissertação. O questionário aplicado encontra-se no Apêndice B.

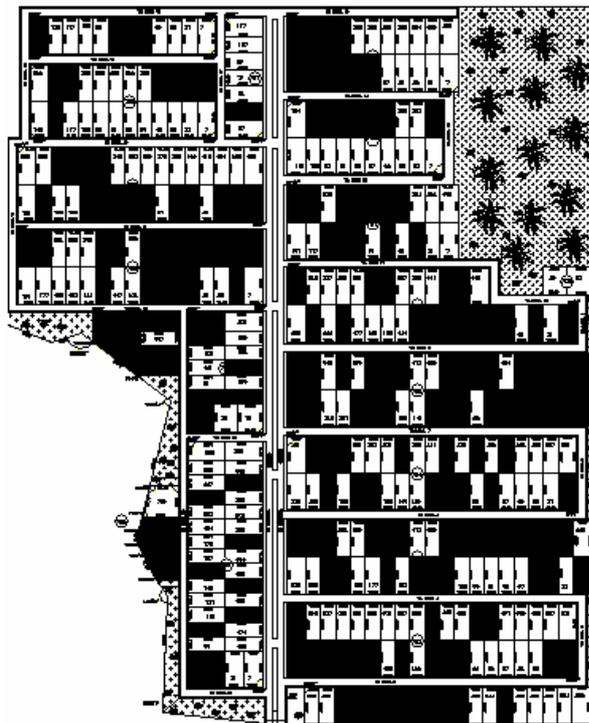


Figura 5.4: Localização das casas entrevistadas (em preto) no condomínio em estudo.

O consumo residencial de água potável varia de acordo com hábitos, costumes e disponibilidade hídrica de cada região. O consumo mensal de água em litros por habitante por dia foi calculado dividindo o consumo mensal de água (m^3) pela quantidade de dias no mês, pelo número total de habitantes no período em estudo (casas habitadas (Quadro 5.1)

multiplicado pela média de quatro moradores por residência), de acordo com a pesquisa de campo, e finalmente dividindo o resultado por 1.000 para obter o valor final em litros.

Quadro 5.1: Quantidade de casas habitadas no condomínio.

2005												
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Casas habitadas	-	-	-	-	162	164	164	167	170	173	174	177
2006												
Casas habitadas	178	183	183	183*	183*	183*	183*	183*	183*	183*	183*	183*
2007												
Casas habitadas	183*	183*	183*	183*	183*	-	-	-	-	-	-	-

* Valores estimados.

O consumo médio de água por habitante por dia do condomínio foi calculado somando-se os valores mensais de consumo de água (Tabela 5.2) e dividindo o resultado obtido pela quantidade de meses em que os dados foram coletados. Assim, a média observada do consumo de água por habitante por dia do condomínio é 658,66 L/hab-dia, valor alto, mas inclui toda a jardinagem, inclusive das áreas comuns.

Tabela 5.2: Consumo de água (L) por habitante por dia.

2005												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo (L/hab-dia)	-	-	-	-	485	343	459	480	653	843	935	934
2006												
Consumo (L/hab-dia)	935	889	770	551	412	362	439	490	611	902	877	859
2007												
Consumo (L/hab-dia)	772	724	612	600	530	-	-	-	-	-	-	-

Dos 175 condôminos entrevistados, 159 são proprietários das residências, enquanto que 16 moram em casas alugadas. A maioria dos condôminos não possui diaristas 62,29%, nem trabalhadores fixos 46,29%.

O maior valor encontrado em porcentagem para a quantidade de banheiros por residência foi 5, com 30% do total. A maior parte dos moradores tomam 2 banhos por dia (69,57%), sendo que, durante o banho, 64,57% dos entrevistados fecham a torneira enquanto se ensaboam, e 55,43% passam entre 5 e 10 minutos no banho, enquanto que a minoria com 12,57% passam menos que 5 minutos no banho e o restante, com 32% das respostas, passam mais que 10 minutos. Com relação à higiene bucal, 20% dos entrevistados escovam os dentes com a torneira sempre aberta, em contrapartida, 80% fecham a torneira enquanto escovam os dentes. A capacidade do vaso sanitário instalado nas residências é de 6 litros, com 81,14% das respostas, 16,57% dos entrevistados não souberam informar essa pergunta e 2,29% informaram que a capacidade do vaso sanitário é de 20 litros.

Com relação à irrigação de jardins, 63% dos moradores, regam o jardim de suas residências todos os dias em que não ocorrem chuvas, enquanto que a minoria, com 1%, rega uma vez a cada quinze dias (Figura 5.5) e, em média, os moradores gastam 41 minutos regando o jardim de suas casas.

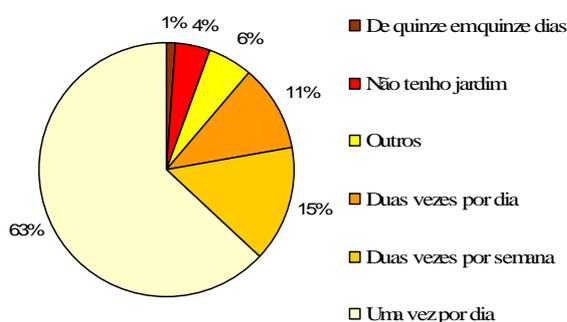


Figura 5.5: Periodicidade que o jardim é regado por residência.

Quando chove no dia anterior, 94,29% dos moradores não regam seus jardins, 3,42% não souberam responder e 2,29% regam sim o jardim. Mais da metade dos moradores não possui animais de estimação, 62,29%, em contrapartida, 37,71% possuem algum tipo de animal em sua casa. A frequência mensal de banhos dos animais no condomínio é apresentada na Tabela 5.3.

A maioria das residências do condomínio com 29,71% possuem uma caixa d'água pequena, entre 500 e 1.000 litros, 21,71% entre 1.500 e 2.500 litros e a minoria, com 17,72%, possui a capacidade da caixa d'água acima de 3.000 litros, enquanto que 30,86% dos

entrevistados não souberam responder. Apenas 22 moradores possuem cisterna de água encana (Tabela 5.4), e somente um morador possui cisterna de água de chuva com capacidade para 1.800 litros.

Uma opção para reduzir o consumo de água nas residências é a utilização de mecanismos poupadores de água, como arejadores, redutores de pressão, fecho automático, etc. No condomínio, observou-se que 86,86% dos moradores não utilizam esses mecanismos, enquanto que 13,14% dos moradores possuem em suas casas essa tecnologia.

Tabela 5.3: Quantidade de animais de estimação no condomínio em estudo e a porcentagem mensal de banhos.

Animais	(%)	Quantidade de banhos	(%)
Não possui	62,29	Não tomam no condomínio	85,71
Possui entre 1 e 4	33,71	Menos de 2	5,14
Possui entre 5 e 9	1,14	Entre 3 e 6	8,00
Possui acima de 10	2,86	Acima de 7	1,15
Total	100,00	Total	100,00

Tabela 5.4: Capacidade da cisterna de água encanada.

Capacidade (L)	Quantidade
Menos que 3000 L	16
Entre 3000 e 6000 L	3
Entre 6000 e 10000 L	3
Total	22

A máquina de lavar louças é, em alguns casos, um item indispensável nas residências de alto padrão. Entretanto, no condomínio, verificou-se que 92% dos entrevistados não possuem máquina de lavar louça; dos entrevistados que possuem máquina, a capacidade da mesma varia entre 5 e 10 litros. Esse equipamento é utilizado uma vez por dia (1,71% do total); duas vezes por dia, 0,57% do total; em dias alternados, 0,57% do total; e, 97,14% não souberam informar ou não possuem máquina. Quanto ao modo de lavar a louça, uma das perguntas realizadas foi se a louça é lavada com a torneira sempre aberta, as respostas foram satisfatórias com relação ao não desperdício de água, 64,57% dos entrevistados fecham a torneira, 26,86% não souberam responder e 8,57% lavam a louça com a torneira sempre aberta.

Um item que consome bastante água em uma residência é a máquina de lavar roupas. Dos entrevistados, 86,86% possuem máquina de lavar roupas, sendo que 14,29% utilizam a máquina todos os dias (Tabela 5.5). A capacidade da máquina, na maioria das residências, com 65,71%, é menor que 8 kg. Enquanto que 23,43% não souberam responder e 10,85% possuem máquina com capacidade maior que 8 kg.

Tabela 5.5: Frequência de utilização da máquina de lavar roupas.

Dias de lavagem	(%)
Não souberam responder	13,71
Todos os dias	14,29
Uma vez por semana	29,14
Duas vezes por semana	20,00
Três vezes por semana	16,00
Quatro vezes por semana	4,57
A cada quinze dias	2,29
Total	100,00

Em relação à lavagem de carros no condomínio, 72% dos entrevistados responderam que não lavam seus automóveis no condomínio, enquanto que 27,43% afirmaram que sim e 0,57% não souberam responder. No condomínio, a média é de dois carros por residência.

A piscina pode ser um fator de desperdício de água. Segundo a revista Secovi (edição nº174), não é necessário trocar a água da piscina, basta completar o nível e fazer uma correta manutenção da mesma. No condomínio em estudo, 52% dos moradores entrevistados possuem piscinas em suas residências, totalizando 91 piscinas nas casas entrevistadas. A manutenção da piscina é realizada, em 40% dos casos, por um técnico. A Tabela 5.6 apresenta a capacidade em litros das piscinas. Para uma boa manutenção, as piscinas necessitam de um filtro que deve ser utilizado de acordo com o tamanho da piscina para não ocorrer desperdícios de tempo e energia. Sobre o sistema filtrante, 49,71% dos entrevistados não souberam responder se a piscina possui sistema de filtro, 45,71% responderam que sim e 4,57% responderam que não o possuem; 91,43% dos entrevistados não souberam responder qual a capacidade do filtro utilizado na piscina. A piscina de plástico foi verificada em 5,71% das residências, enquanto que 93,71% dos condôminos não a possuem e 0,57% não souberam responder.

Tabela 5.6: Capacidade da piscina em litros.

Capacidade em litros	moradores	%
Não souberam responder	116	66,29
≤ 35000	36	20,57
35000 < x ≤ 75000	19	10,86
> 75000	4	2,29
Total	175	100,00

A falta de água nas residências do condomínio foi verificada em 46,86% das casas entrevistadas contra 52% que responderam não haver falta d'água em suas residências, 1,14% não souberam responder. Das residências em que foi verificada a falta de água, foi observado que apesar de faltar água, em 41,71% ainda é possível obter água no pavimento térreo, 26,86%, falta água na residência como um todo, e 31,43% não souberam responder. A Tabela 5.7 apresenta a frequência que a calçada é lavada.

Tabela 5.7: Frequência em que a calçada é lavada.

Frequência de lavagem da calçada	%
Não souberam responder	50,29
Uma vez por dia	0,57
Duas vezes por dia	0,57
A cada dois dias	2,29
Uma vez por semana	30,86
Uma vez por mês	15,42
Total	100,00

De acordo com Pegorin (2001 *apud* ALBUQUERQUE, 2004), a quantificação dos usos de água potável em residências é dada na proporção que está apresentada na Figura 5.6. Por se tratar de um condomínio residencial, os resultados de Pegorin (2001 *apud* ALBUQUERQUE, 2004) devem ser adequados para a estimativa da quantificação dos usos no condomínio em estudo.

As respostas direcionadas ao conhecimento do aproveitamento da água de chuva foram bastante interessantes, 62,86% responderam ter conhecimento sobre o sistema de captação e aproveitamento da água de chuva, enquanto que 37,14% responderam não ter nenhum conhecimento sobre essa técnica; 76% dos entrevistados responderam que não conhecem ninguém que aproveita a água de chuva, enquanto que 24% disseram conhecer alguém que utiliza o sistema; 96,57% dos entrevistados afirmaram acreditar que em um futuro

próximo haverá sim problemas com o abastecimento de água e 97,14% responderam que utilizariam a água de chuva em finalidades não potáveis.

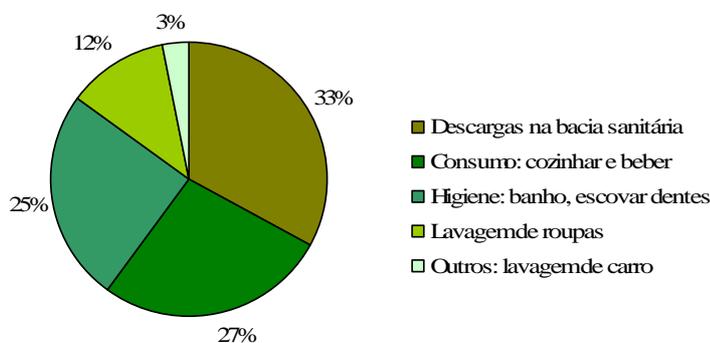


Figura 5.6: Quantificação dos usos de água potável no condomínio.

Fonte: Adaptado de Albuquerque, (2004).

5.4. ANÁLISE DA ÁGUA DE CHUVA NO CONDOMÍNIO EM ESTUDO

A amostra da água precipitada livremente foi coletada em garrafas de 1.500 mL depositadas no jardim de uma das casas do condomínio, tendo influência apenas da deposição úmida de materiais, enquanto que a amostra coletada a partir do telhado sofreu influência tanto da deposição seca de materiais, verificada durante o período de estiagem, quanto da deposição úmida dos mesmos, observada durante a chuva. Os resultados estão apresentados no Quadro 5.2.

Na caracterização da água de chuva, pode-se verificar que os resultados obtidos a partir da amostra do telhado são maiores do que os resultados coletados no jardim (exceção para cloretos), confirmando certa concentração de poluição com resíduos que podem ser encontrados no telhado derivados de fezes de animais, poeiras, folhas de árvores, etc.

O pH da água indica a acidez da chuva ou sua alcalinidade, quando considerada ácida causa sérios problemas ao homem e ao meio ambiente. Os valores apresentados apontam para uma chuva levemente ácida, porém dentro dos padrões de água potável. Os cloretos podem indicar a proximidade do local em estudo com o mar e/ou emissões atmosféricas. Altos teores de cloreto são prejudiciais às pessoas portadoras de doença cardíaca ou renal.

Quadro 5.2: Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da água de chuva.

Parâmetros	Unidade	Telhado	Jardim (Precipitação livre)	Torneira (Poço)	Portaria Nº 518/04 MS (VMP)	Resolução CONAMA Nº 357/05 (Classe 01)
pH	-	6,72	5,24	6,80	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Condutividade	µS/cm	25,0	24,0	57,5	-	-
Turbidez	UT	0,81	0,34	0,62	5,0 UT	100 UNT
Cor	uH	0,00	0,00	0,00	15 uH	75 mg pt/L
Dureza	mg/L	21,4	20,1	72,1	500 mg/L	-
Cloretos	mg/L	10,5	17,2	9,3	250,0 mg/L	250,0 mg/L
Alcalinidade	mg/L	13,4	6,5	15,3	-	-
STD	mg/L	13,9	12,1	27,3	-	-
Nitrito	mg/L	0,0	0,1	0,0	-	1,0 mg/L
Nitrato	mg/L	0,0	0,0	0,0	-	10 mg/L
Amônia	mg/L	0,0	0,0	0,0	1,5 mg/L	3,7 mg/L
Sulfato	mg/L	ND	ND	ND	250,0 mg/L	250,0 mg/L
Coli. Termotoler.	NMP/100mL	0,0	0,0	0,0	Ausência em 100 mL	Máx 2000NMP /100mL
Coli. Totais	NMP/100mL	$9,3 \times 10^1$	$9,0 \times 10^0$	$4,6 \times 10^2$		-

A dureza é um parâmetro que impede a formação de espuma, como o sabão. As amostras do telhado e jardim apresentaram valores de dureza baixos conforme relatado na literatura. Os doze parâmetros encontram-se em conformidade com a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde e com a Resolução CONAMA nº 357. A água de chuva analisada está classificada para Águas Doces Classe 01, conforme a Resolução CONAMA nº 357, podendo ser destinada à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, em parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, em amostras individuais procedentes de poços, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Com relação aos resultados microbiológicos, constatou-se ausência de coliformes termotolerantes em todas as amostras analisadas. Os resultados obtidos para coliformes totais

atendem à Resolução Conama Nº 357/05, porém não atendem à Portaria 518/04 MS, que recomenda que a amostra apresente ausência em 100 mL dos coliformes.

Em seus estudos, May (2004) encontrou mais de 89% das amostras com coliformes totais e a presença de coliformes termotolerantes foi observada positiva em 50% das amostras. Vaccari *et al.* (2006) apresenta como valor médio para coliformes totais 38 NMP/100mL e para coliformes termotolerantes 9,1 NMP/100mL, coletados a partir do telhado; para as coletas de precipitação livre os autores observaram ausência em todas as análises. A chuva em João Pessoa apresentou-se de boa qualidade para sua utilização em finalidades não potáveis, tais como, irrigação de jardins, lavagens de carros, lavagens de calçadas, descargas de vasos sanitários, etc., podendo ser utilizada.

Em último caso, a água de chuva pode ser utilizada em finalidades potáveis, nesse caso é necessário um tratamento adequado de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 518/04 e Resolução CONAMA nº 357/05. Portanto, o condomínio em estudo pode utilizar a água de chuva a fim de minimizar o consumo de água potável existente no mesmo.

5.5. DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

O valor admitido para a demanda de água potável por habitante por dia foi 250 L/hab-dia, dos quais 48% são destinados para fins menos nobres, o que resulta um valor de 120 L/hab-dia para tal finalidade. Multiplicando este valor pela quantidade de dias no mês e pelo número médio de habitantes nas residências e transformando para m³, temos o valor referente à demanda não potável de cada mês em estudo, o que resultou em 14,40 m³. Para os devidos cálculos, foi considerado que cada mês possui 30 dias e a quantidade média de habitantes em cada residência igual a 4.

5.5.1 RESERVATÓRIOS INDIVIDUAIS

A seguir é apresentado o dimensionamento de um reservatório individual para atender a demanda não potável dos moradores do condomínio em estudo. No método Monte Carlo, gerou-se séries sintéticas a partir da série histórica, sendo assim, foram geradas séries sintéticas de precipitações mensais com 5% de probabilidade, com 10%, e assim

sucessivamente até 95%, para uma demanda constante de 14,40 m³/mês, área de cobertura de 150 m² e coeficiente de escoamento superficial igual a 0,8, verificado na Tabela 5.8 e Figura 5.7.

Tabela 5.8: Resumo da aplicação ao método de Rippl às séries sintéticas.

Probabilidade (%)	Reservatório m ³	Probabilidade (%)	Reservatório m ³	Probabilidade (%)	Reservatório m ³
5	13,19	40	40,43	75	52,27
10	21,41	45	41,80	80	78,45
15	25,70	50	43,28	85	57,58
20	30,27	55	44,83	90	60,72
25	34,11	60	45,96	95	63,87
30	35,84	65	48,21	–	–
35	37,68	70	49,90	–	–

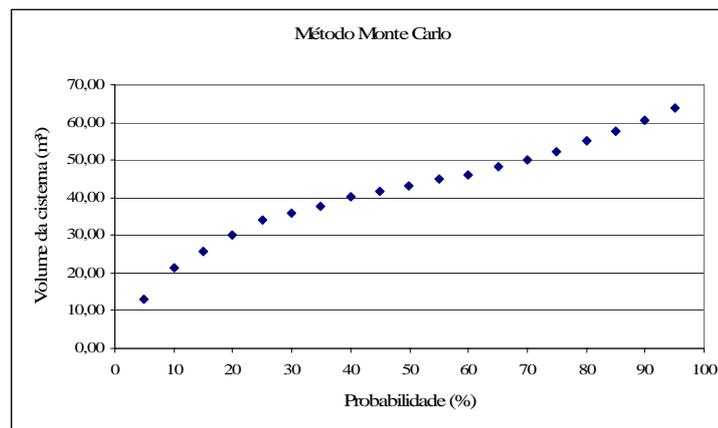


Figura 5.7: Probabilidade em função do volume do reservatório, método Monte Carlo.

O volume mensal de chuva é encontrado multiplicando-se o total mensal precipitado, a área de captação e o valor do coeficiente de escoamento superficial adotado, e depois dividindo-se por 1.000 L para a obtenção do valor em m³. A coluna 6 (Tabelas 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12) é a diferença entre os volumes da demanda não potável e os volumes de chuva, ou seja, a diferença entre a coluna 3 e a coluna 5, de modo que o sinal negativo indica excesso de água, enquanto que o sinal positivo indica que o volume de demanda supera o volume de água disponível. A coluna 7 apresenta as diferenças acumuladas da coluna 6, considerados apenas os valores positivos, pois os valores negativos indicam meses em que o volume disponível supera a demanda. Admitiu-se inicialmente que o reservatório encontra-se cheio. As letras **E**,

D e **S** da coluna 8 informam, respectivamente, água escoando pelo extravasor, nível de água baixando e nível de água subindo.

Tabela 5.9: Método de Rippl utilizando a precipitação média.

Meses	Precipitação	Demanda não potável	Área de captação	Volume mensal de chuva	Diferença entre os volumes da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6	Obs.:
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Jan	83,83	14,40	150,00	10,06	4,34	4,34	D
Fev	93,87	14,40	150,00	11,26	3,14	7,48	D
Mar	197,33	14,40	150,00	23,68	-9,28		S
Abr	246,67	14,40	150,00	29,60	-15,20		E
Mai	286,22	14,40	150,00	34,35	-19,95		E
Jun	320,84	14,40	150,00	38,50	-24,10		E
Jul	235,64	14,40	150,00	28,28	-13,88		E
Ago	137,14	14,40	150,00	16,46	-2,06		E
Set	66,18	14,40	150,00	7,94	6,46	6,46	D
Out	25,05	14,40	150,00	3,01	11,39	17,85	D
Nov	27,38	14,40	150,00	3,29	11,11	28,97	D
Dez	37,77	14,40	150,00	4,53	9,87	38,83	D

Tabela 5.10: Método de Rippl utilizando a probabilidade 75%.

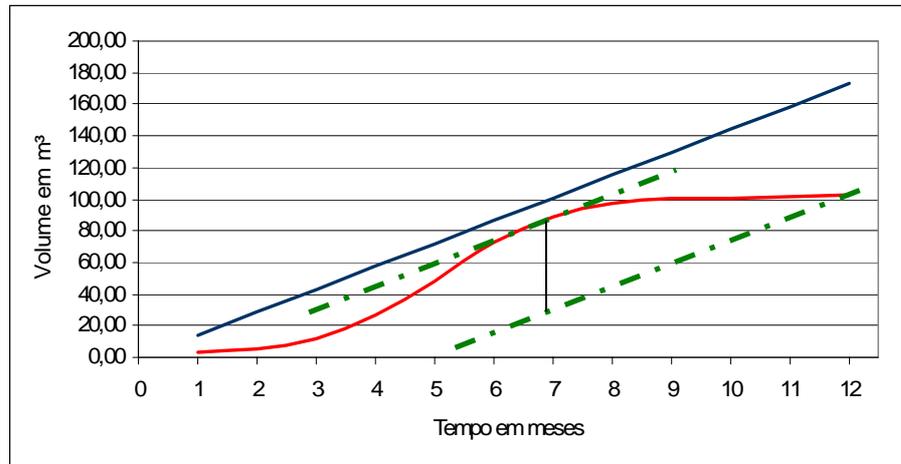
Meses	Precipitação	Demanda não potável	Área de captação	Volume mensal de chuva	Diferença entre os volumes da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6	Obs.:
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Jan	30,90	14,40	150,00	3,71	10,69	10,69	D
Fev	34,20	14,40	150,00	4,10	10,30	20,99	D
Mar	95,90	14,40	150,00	11,51	2,89	23,88	D
Abr	146,10	14,40	150,00	17,53	-3,13		S
Mai	202,30	14,40	150,00	24,28	-9,88		E
Jun	224,90	14,40	150,00	26,99	-12,59		E
Jul	148,44	14,40	150,00	17,81	-3,41		E
Ago	90,13	14,40	150,00	10,82	3,59	3,59	D
Set	35,50	14,40	150,00	4,26	10,14	13,73	D
Out	10,70	14,40	150,00	1,28	13,12	26,84	D
Nov	11,00	14,40	150,00	1,32	13,08	39,92	D
Dez	17,13	14,40	150,00	2,06	12,35	52,27	D

Tabela 5.11: Método de Rippl utilizando a probabilidade 85%.

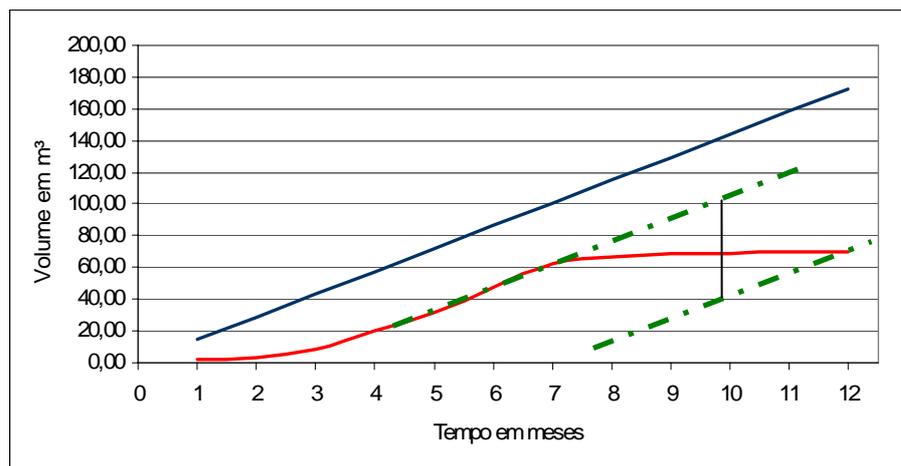
Meses	Precipitação	Demanda não potável	Área de captação	Volume mensal de chuva	Diferença entre os volumes da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6	Obs.:
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Jan	24,50	14,40	150,00	2,94	11,46	11,46	D
Fev	20,46	14,40	150,00	2,46	11,94	23,40	D
Mar	57,10	14,40	150,00	6,85	7,55	30,95	D
Abr	123,88	14,40	150,00	14,87	-0,47		S
Mai	171,18	14,40	150,00	20,54	-6,14		E
Jun	208,74	14,40	150,00	25,05	-10,65		E
Jul	133,95	14,40	150,00	16,07	-1,67		E
Ago	69,33	14,40	150,00	8,32	6,08	6,08	D
Set	25,60	14,40	150,00	3,07	11,33	17,41	D
Out	7,07	14,40	150,00	0,85	13,55	30,96	D
Nov	7,32	14,40	150,00	0,88	13,52	44,48	D
Dez	10,88	14,40	150,00	1,31	13,10	57,58	D

Tabela 5.12: Método de Rippl utilizando a probabilidade 95%.

Meses	Precipitação	Demanda não potável	Área de captação	Volume mensal de chuva	Diferença entre os volumes da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6	Obs.:
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Jan	15,92	14,40	150,00	1,91	12,49	12,49	D
Fev	13,60	14,40	150,00	1,63	12,77	25,26	D
Mar	39,32	14,40	150,00	4,72	9,68	34,94	S
Abr	98,72	14,40	150,00	11,85	2,55	37,49	D
Mai	100,06	14,40	150,00	12,01	2,39	39,89	D
Jun	128,51	14,40	150,00	15,42	-1,02		S
Jul	120,43	14,40	150,00	14,45	-0,05		E
Ago	40,98	14,40	150,00	4,92	9,48	9,48	D
Set	12,96	14,40	150,00	1,56	12,84	22,33	D
Out	3,62	14,40	150,00	0,43	13,97	36,29	D
Nov	3,61	14,40	150,00	0,43	13,97	50,26	D
Dez	6,62	14,40	150,00	0,79	13,61	63,87	D



(c)



(d)

Figura 5.8: Diagrama de Massas pelo método de Rippl (a) utilizando a precipitação média, (b) utilizando a probabilidade de 75%, (c) utilizando a probabilidade de 85%, e (d) utilizando a probabilidade de 95%.

Para dimensionar o reservatório pelo método Azevedo Neto, foram realizadas algumas interações para chegar a um abastecimento de 6 meses, quantidade de dias com pouca chuva ou seca na cidade de João Pessoa. Portanto, o volume inicial adotado foi 9,5 m³. O volume mensal de chuva foi calculado multiplicando-se o coeficiente de escoamento superficial adotado pela precipitação pela área de captação, dividindo por 1.000 para a obtenção do resultado em m³. O volume de água no reservatório foi obtido pela diferença da demanda não potável e do volume mensal de chuva. O maior valor encontrado é o tamanho do reservatório em m³, portanto, 86,48 m³, o que pode suprir um período 180 dias de estiagem (Tabela 5.13).

O período chuvoso possui precipitação maior ou igual a 147,35 mm e o período seco ou com pouca chuva possui precipitação menor que 147,35 mm. O período seco em João Pessoa está compreendido entre os meses de setembro a fevereiro. A precipitação média anual em João Pessoa é 1.766,03 mm, a área de coleta em projeção considerada foi 112,25 m², portanto, o volume do reservatório calculado pelo método prático brasileiro a partir da Equação 4.4 foi **50,00 m³**, e corresponde a um suprimento de 104 dias de seca. O volume do reservatório calculado pelo método prático inglês, segundo a Equação 4.5 foi **9,91 m³**, para um suprimento de 20 dias de estiagem.

Tabela 5.13: Dimensionamento do reservatório pelo método Azevedo Neto.

Meses	Precipitação	Demanda não potável	Área de captação	Volume mensal de chuva	Volume de água no reservatório
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³
1	2	3	4	5	6
Jan	83,83	14,40	150,00	10,06	5,16
Fev	93,87	14,40	150,00	11,26	2,02
Mar	197,33	14,40	150,00	23,68	11,30
Abr	246,67	14,40	150,00	29,60	26,50
Mai	286,22	14,40	150,00	34,35	46,45
Jun	320,84	14,40	150,00	38,50	70,55
Jul	235,64	14,40	150,00	28,28	84,43
Ago	137,14	14,40	150,00	16,46	86,48
Set	66,18	14,40	150,00	7,94	80,03
Out	25,05	14,40	150,00	3,01	68,63
Nov	27,38	14,40	150,00	3,29	57,52
Dez	37,77	14,40	150,00	4,53	47,65

Para encontrar o volume do reservatório pelo método prático australiano, foram realizadas simulações, sendo adotado por fim um volume inicial para o reservatório de 7 m³, para suprir a demanda não potável no período de seca, ou seja, 180 dias de estiagem, vide Equação 4.6 e Tabela 5.14.

Tabela 5.14: Dimensionamento do reservatório pelo método prático australiano.

Meses	Precipitação	Interceptação	Volume de chuva (Q)	Demanda não potável (D_t)	Área de captação	Volume de água no reservatório (V_t)
	mm	mm	m ³	m ³	m ²	m ³
1	3	4	5	6	7	8
Jan	83,83	2,00	9,82	14,40	150,00	7,00
Fev	93,87	2,00	11,02	14,40	150,00	3,62
Mar	197,33	2,00	23,44	14,40	150,00	12,66
Abr	246,67	2,00	29,36	14,40	150,00	27,62
Mai	286,22	2,00	34,11	14,40	150,00	47,33
Jun	320,84	2,00	38,26	14,40	150,00	71,19
Jul	235,64	2,00	28,04	14,40	150,00	84,83
Ago	137,14	2,00	16,22	14,40	150,00	86,64
Set	66,18	2,00	7,70	14,40	150,00	79,95
Out	25,05	2,00	2,77	14,40	150,00	68,31
Nov	27,38	2,00	3,05	14,40	150,00	56,96
Dez	37,77	2,00	4,29	14,40	150,00	46,85

5.5.2 RESERVATÓRIO ÚNICO

Para atender a população e as áreas comuns do condomínio em estudo, foi dimensionado um reservatório único a partir do método de Rippl para demanda constante utilizando a precipitação média, de modo que as novas edificações devem ser construídas com o sistema para captação de água de chuva já inserido. Assim, o sistema é baseado na captação de água de chuva de 22 residências (casas em construção, dados de fevereiro de 2006), com área de cobertura para captação de 150 m², totalizando uma área de captação de 3.300 m². Para o coeficiente de escoamento superficial, considerou o valor igual a 0,8 (Tabela 5.15).

A demanda não potável foi calculada multiplicando a quantidade de água não potável em uma residência do condomínio, 120 L/hab-dia pelo número de habitantes e pela quantidade de dias no mês, considerado 30 dias, multiplicado ainda pelas 22 casas que serão inseridas no sistema de captação de água de chuva. O volume mensal de chuva foi calculado multiplicando o coeficiente de escoamento superficial pela área de captação pela precipitação. Assim, o volume do reservatório é calculado pela diferença do volume mensal de chuva com a demanda não potável. Portanto, o volume do reservatório único para o condomínio é **854,33 m³**.

Tabela 5.15: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl utilizando a precipitação média.

Meses	Precipitação	Demanda não potável	Área de captação	Volume mensal de chuva	Diferença entre os volumes da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6	Obs.:
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³
1	2	3	4	5	6	7	8
Jan	83,83	316,80	3300,00	221,32	95,48	95,48	D
Fev	93,87	316,80	3300,00	247,81	68,99	164,48	D
Mar	197,33	316,80	3300,00	520,96	-204,16		S
Abr	246,67	316,80	3300,00	651,20	-334,40		E
Mai	286,22	316,80	3300,00	755,63	-438,83		E
Jun	320,84	316,80	3300,00	847,02	-530,22		E
Jul	235,64	316,80	3300,00	622,08	-305,28		E
Ago	137,14	316,80	3300,00	362,05	-45,25		E
Set	66,18	316,80	3300,00	174,72	142,08	142,08	D
Out	25,05	316,80	3300,00	66,14	250,66	392,74	D
Nov	27,38	316,80	3300,00	72,29	244,51	637,25	D
Dez	37,77	316,80	3300,00	99,73	217,07	854,33	D

A idéia de implantar um reservatório único no condomínio seria interessante se o condomínio estivesse em sua fase inicial de construção, pois seria menos oneroso e também um diferencial no momento das vendas dos lotes, visto que ainda não existe um condomínio em João Pessoa com o sistema de aproveitamento de água de chuva. Portanto, para o estudo de caso, é mais interessante fazer reservatórios individuais para atender a demanda não potável.

5.6. PROPOSTAS PARA A CAPTAÇÃO E RESERVAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

Segundo May (2004), para a coleta de água de chuva é necessária a instalação de condutores verticais e horizontais, dispositivos para descarte da água de limpeza do telhado e reservatórios de acumulação (Figura 5.9). Nas edificações em fase de projeto ou construção, o reservatório de acumulação de água de chuva pode estar localizado na edificação, resultando, portanto menos gastos com tubulações, reservatórios, energia elétrica, dentre outros.

Ramos *et al.* (2006) analisaram a viabilidade econômica para a inserção do sistema de aproveitamento de água de chuva em residências padrão “A” com área de coberta de 69,56 m²

e reservatório inferior de 13,5 m³; e padrão “B” 78,86 m² de área de cobertura e área do reservatório inferior com 8,24 m³. Os autores concluíram que para um investimento ser viável economicamente, o tempo de retorno deve ser menor que o tempo de vida útil do que está sendo analisado e a taxa interna de retorno (TIR) do capital utilizado deve ser superior a uma taxa de atratividade. Os orçamentos são apresentados nas Tabelas 5.16 e 5.17.

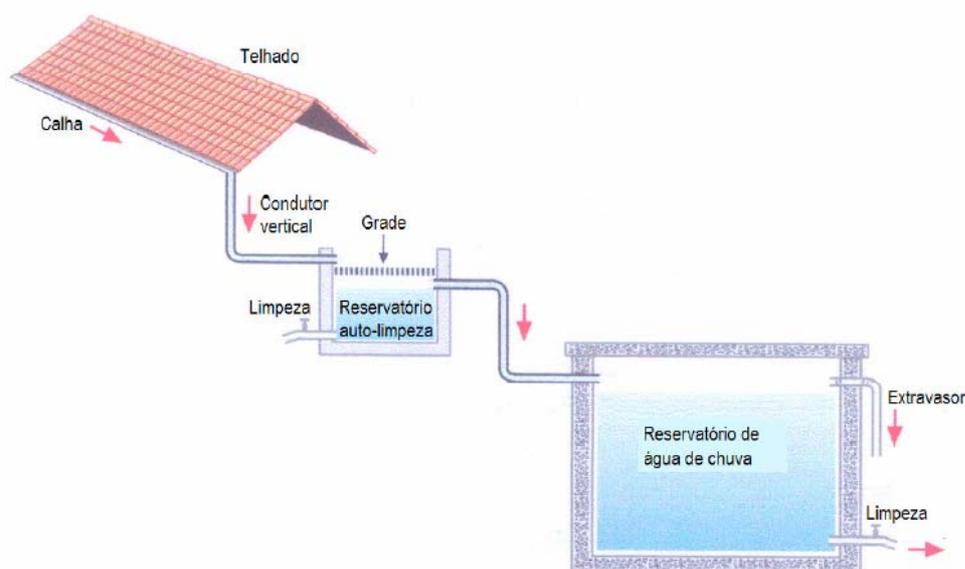


Figura 5.9: Sistema de coleta de água de chuva com reservatório de auto-limpeza.

Fonte: May (2004 *apud* Tomaz 1998).

Tabela 5.16: Orçamento dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva do padrão A.

Item	Descrição	Custo (R\$)	Porcentagem em relação ao custo total
1	Captação	1.247,88	12,61%
2	Filtração/Descarte	475,00	4,80%
3	Reservatório inferior	6.412,81	64,83%
4	Sistema de recalque	983,10	9,94%
5	Reservatório superior	363,74	3,68%
6	Sistema de distribuição	409,85	4,14%
Total		9.892,38	100,00%

Fonte: Ramos *et al.* (2006).

Tabela 5.17: Orçamento dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva do padrão B.

Item	Descrição	Custo (R\$)	Porcentagem em relação ao custo total
1	Captação	1.356,79	16,06%
2	Filtração/Descarte	475,00	5,62%
3	Reservatório inferior	4.899,81	58,01%
4	Sistema de recalque	986,55	11,68%
5	Reservatório superior	363,74	4,31%
6	Sistema de distribuição	364,98	4,32%
Total		8.446,88	100,00%

Fonte: Ramos *et al.* (2006).

A Figura 5.10 apresenta uma residência do condomínio em estudo que utiliza o sistema de aproveitamento de água de chuva o que complementa a água de poço. A água de chuva é captada a partir do telhado e direcionada para um reservatório inferior, sendo distribuída para a residência por intermédio de uma bomba. A água é utilizada tanto nas finalidades potáveis como cozinhar, tomar banho, como nas finalidades não potáveis, como a irrigação de jardins. A água de chuva captada pode ser utilizada individualmente apenas para irrigação do jardim, pois o sistema possui registros que direcionam a água para a área do jardim da residência. Quando ocorre precipitação, é utilizada apenas a água de chuva na jardinagem e, no período de estiagem, utiliza-se tanto a água de chuva como a água do poço.



Figura 5.10: Sistema de aproveitamento de água de chuva no condomínio em estudo.

Portanto, para as outras residências do condomínio, propõe-se um sistema simples para o aproveitamento de água de chuva, utilizada apenas em finalidades não potáveis, não

necessitando de um reservatório de auto-limpeza, sendo descartada apenas a água de chuva inicial, entre 1 a 2 mm, coletada a partir da cobertura das residências e direcionada para um reservatório inferior como mostrado na Figura 5.11 ou em um reservatório inferior enterrado, ocupando menos espaço no terreno das residências (Figura 5.12).

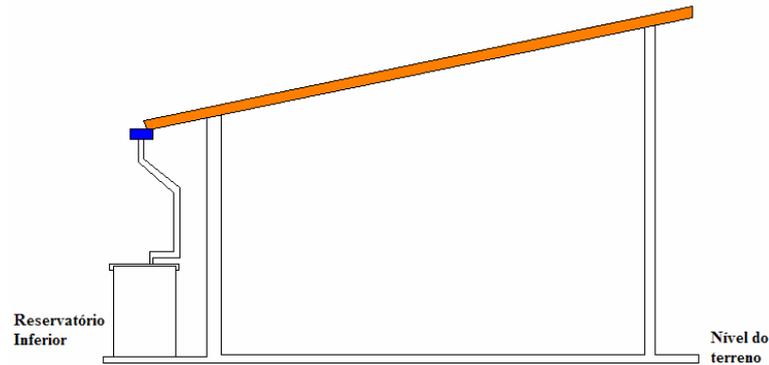


Figura 5.11: Sistema de aproveitamento de água de chuva para finalidades não potáveis.

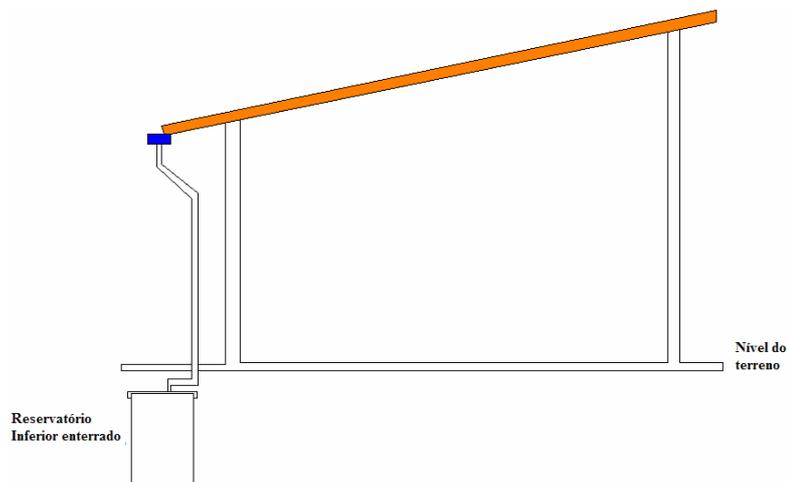


Figura 5.12: Sistema de aproveitamento de água de chuva com reservatório inferior enterrado.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Devido à presença de um período chuvoso anual constatado na série histórica de precipitação da cidade João Pessoa, fica evidente que o uso da água de chuva em condomínios horizontais em finalidades não potáveis é viável. Esta conclusão foi obtida com base na análise de frequência de chuva utilizando uma nova e robusta ferramenta matemática, a transformada wavelet, e através desta pôde-se identificar e analisar as características dos componentes de frequência do sinal, sem perder a localização temporal dos principais eventos. Os espectros de potência mostraram claramente as concentrações existentes em várias faixas, revelando que a periodicidade anual foi a frequência que manteve-se permanente em todo o período analisado. Periodicidades semestrais, de dois, três e quatro anos também foram reveladas. A análise através do espectro global da wavelet revelou que pode-se afirmar ao nível de 90% de confiança que apenas a frequência anual é uma característica verdadeira do sinal. Finalmente, através da análise separada da faixa de 8–16 meses foi possível identificar com exatidão os vários períodos chuvosos, quando os sistemas de captação de água de chuva devem ser utilizados para coletar e armazenar a água para abastecer as residências nos períodos secos. Essa prática contribuiria para a redução no consumo de água tratada, mesmo nos períodos chuvosos, já que a água captada poderia ser utilizada em fins menos nobres, o que revela a viabilidade do uso da água de chuva na cidade de João Pessoa, do ponto de vista técnico quanto à frequência da precipitação. Portanto, a transformada wavelet foi de grande valia para caracterizar a precipitação na área em estudo, do ponto de vista da análise de frequência e do teste de significância, para embasar os estudos de viabilidade do uso da água de chuva.

Com relação à qualidade da água de chuva coletada, os valores obtidos das análises físico-químicas da amostra da precipitação livre apresentaram melhores resultados do que os obtidos a partir do telhado e do próprio sistema de abastecimento do condomínio em estudo;

entretanto, deve-se ter cautela ao coletar a água de chuva a partir do telhado, descartando os milímetros iniciais da chuva coletada, entre 1 mm a 2 mm, para que a água não apresente riscos à saúde. O tipo do material do telhado, bem como o sistema de calhas do mesmo, deve influenciar diretamente na qualidade da água coletada, e assim, cuidados adicionais devem ser tomados quando o sistema for projetado. Nas análises microbiológicas foi constatada ausência de coliformes termotolerantes em todas as amostras, sendo verificada presença de $9,3 \times 10^1$ NMP/100mL de coliformes totais nas amostras analisadas para o telhado, porém dentro dos padrões exigidos. Portanto, a água de chuva na cidade de João Pessoa apresentou-se de boa qualidade para sua utilização em fins não potáveis, podendo ser utilizada, em último caso, para fins potáveis desde que receba um tratamento adequado de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 518/04 e Resolução CONAMA nº 357/05.

A média encontrada para o consumo de água no condomínio em estudo foi relativamente alta, com 658 L/hab-dia, incluindo a utilização dessa água em toda a jardinagem do condomínio, revelando a necessidade de se procurar fontes alternativas para preservar e conservar a água potável nos condomínios horizontais, visto que este alto consumo deverá ser uma característica de condomínio de padrão elevado. A utilização da água de chuva em finalidades não potáveis seria uma alternativa para a conservação da água potável.

O reservatório de água de chuva é um item que pode prejudicar o sistema como um todo, pois seu mau dimensionamento pode encarecer o sistema, devendo ser levado em consideração a precipitação local, a área de coleta e a demanda. Nas residências em construção, o reservatório pode estar localizado na edificação, resultando menos gastos com tubulações, reservatórios, energia elétrica, dentre outros. Para os condomínios horizontais em projeto ou que estejam em sua fase inicial de construção, uma alternativa econômica para implantação do sistema de água de chuva seria inserir no condomínio um reservatório único que atenda a demanda dos moradores e as áreas comuns do condomínio. Utilizar a água de chuva em finalidades não potáveis é uma forma simples e econômica para complementar o abastecimento de água potável das concessionárias ou as águas oriundas de poços, visto que na maior parte das vezes o abastecimento de água dos condomínios em João Pessoa é procedente de poços.

O uso da água de chuva foi bem visto pelos moradores do condomínio em estudo, em que a maioria dos moradores afirmou que utilizariam a água de chuva em finalidades menos nobres, o que torna uma opção correta para preservação e conservação dos recursos naturais.

Finalmente, recomenda-se um maior incentivo para o uso da água de chuva utilizada em finalidades não potáveis como fonte alternativa para minimizar os problemas de escassez e

conservar os recursos naturais, principalmente pelo poder público através de campanhas educativas e/ou legislações que estimulem as adequações construtivas para inserção do sistema e retenção da água de chuva. A utilização da água de chuva deve ser incentivada também em comunidades de baixa renda ou que apresentem períodos de estiagem prolongados, em que a água de chuva deve ser armazenada nos períodos chuvosos para sua utilização nos períodos secos, como é o caso do sertão nordestino. Recomendam-se ainda estudos que sejam direcionados aos benefícios diretos e indiretos do aproveitamento da água de chuva e também campanhas educativas que incentivem e alertem as pessoas para a construção de sistemas de água de chuva como fonte alternativa para minimizar problemas de escassez e conservar o recurso água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, T. M. A. Seleção Multicriterial de Alternativas para o Gerenciamento da Demanda de Água na Escala de Bairro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – Geotecnia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2004.

ALBUQUERQUE, T. M. A.; RIBEIRO, M. M. R. Uso racional de água através da captação de chuva e uso de aparelhos poupadores no Campus da Universidade Federal da Paraíba (UFCG) – Paraíba. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL-SUDESTE, 1, set. 2006, Curitiba. Anais... Curitiba 2006.

ALMEIDA, H. A. de. Probabilidade de ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico, n.182. 32p. 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/COMISSÃO DE ESTUDO ESPECIAL TEMPORÁRIA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA – ABNT/CEET-00.001.77. São Paulo, 2007.

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

_____. NBR 10844 Instalações Prediais de Água Pluvial. Rio de Janeiro, 1989.

_____. NBR 12214 Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro.1992.

_____. NBR 5626 Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

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

AYUB, O.; CASTRO, S. R. S. S.; REBELLO, G. A. O.; ZANELLA, L.; ALVES, W. C.; MARQUES, R. B. Aproveitamento de água de chuva em edificações: reflexões e necessidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5, JUL. 2005, Teresina. Anais... Teresina, 2005, 8p. CD-ROM.

- AZEVEDO NETTO J. M. A. *et al.* Manual de Hidráulica. 8 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 1998, 680 p.
- BOLZAN, M. J. A. Análise da transformada em ondeletas aplicada em sinal geofísico, Rev. Bras. Ens. Fis. vol.26 nº.1, São Paulo. 2004.
- BRANDSTETTER, M. C. G. O. Avaliação pós-ocupação em condomínios horizontais aspectos de escolha e satisfação da habitação. In: Workshop Nacional: Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2001, São Carlos, SP.
- CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. C. O Ensino e a Avaliação de Incertezas Hidrológicas usando Simulação de Monte Carlo. Revista de Ensino de Engenharia – ABENGE, Brasília, v. 20, n. 1, p. 57-61, 2001.
- CAMPOS, R. C. Não-lugares: Condomínios horizontais fechados em Goiânia (1990-2006). Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com Universidade Católica de Goiás, Goiânia/Porto Alegre. 2007.
- CARLON, M. R. Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí. 2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 274 de 29 de novembro de 2000.
- COSTA, I. Y. L. G.; DIAS, I. C. S.; SANTOS, C. A. G.; BURITY, F. Uso da água de chuva em condomínios horizontais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS, 3. 2006. Recife. Anais... Recife, 2006a. 12p. CD-ROM.
- COSTA, I. Y. L. G.; SANTOS, C. A. G.; BURITY, F. A. Captação de água de chuva em condomínios horizontais. In: SEMINÁRIO IBEROAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTOS URBANO DE ÁGUA, 6. 2006. João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2006b. 8p. CD-ROM.
- DECRETO Nº 23940 Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Rio de Janeiro, 2004.
- DIAS, I. C. S. Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2007.

- DIAS, I. C. S.; COSTA, I. Y. L. G.; DIAS, I. C. S.; SANTOS, C. A. G.; BURITY, F. A. Viabilidade do uso da água de chuva em condomínios horizontais: estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL-SUDESTE, 1. 2006. Curitiba. Anais... Curitiba, 2006b. 10p. CD-ROM.
- DOMINGOS, F.; CHAVES, J.; MAZZA, M.G.G.; HALASZ, M.R.T. Projeto Água nossa de cada dia. Revista educação e tecnologia, Curitiba, ano 1, n. 1, abr/set. 2005. Disponível em <http://www.fsjb.edu.br/uniaracruz/edutec/2005_1/artigos/edutec_agua_felippe_jackeline_2005_1.pdf>. Acesso em 23 mar. 2007.
- DOMINGUES, E. O.; JÚNIOR, O. M.; COSTA, A. M. Algumas aplicações Wavelet na análise de sinais atmosféricos. In: II Congresso Temático de Aplicações de Dinâmica e Controle da Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional (SBMAC). São José dos Campos, SP, Brasil, 18-22 Agosto de 2003.
- FENDRICH, R. & OLIYNIK, R. Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas). Livraria do Chain Editora: Curitiba, 2002.
- FENDRICH, R. Coleta, armazenamento, infiltração e utilização das águas pluviais na drenagem urbana. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- GALVÃO, A. A. Condomínios horizontais fechados: segregadores ou segregados? Um estudo de caso no município de Maringá – PR. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2007.
- GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G. Aproveitamento da água de chuva nas edificações. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande, 2005. Anais. Mato Grosso do Sul. CD-ROM.
- GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro: Uma abordagem focalizando o povo. In: 3º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, João Pessoa, 2001. Anais. Paraíba: ABRH, 2001. CD-ROM.
- GROSSMAN, A.; MORLET, J. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. SIAM J. Math. Anal., 15, 1984. 723–736.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 30 março de 2006.
- IDEIÃO, S. M. A.; COSTA, I. Y. L. G.; SANTOS, C. A. G. Análise da viabilidade do uso de água de chuva em condomínios horizontais através da Transformada Wavelet. In:

- SEMINÁRIO IBEROAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMENTOS URBANO DE ÁGUA, 6., jun. 2006, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2006a. 8p. CD-ROM.
- IDEIÃO, S. M. A.; COSTA, I. Y. L. G.; SOARES, S. U.; SANTOS, C. A. G. Viabilidade do aproveitamento da água de chuva em Recife para uso não potável com apoio da transformada *wavelet*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS, 4., mai. 2007, Recife. Anais... Recife, 2006b. 10p. CD-ROM.
- JALFIM, F. T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água da chuva em cisternas rurais na região semi-árida brasileira. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 3, Campina Grande, PB, 21 a 23.11.2001. CD-ROOM.
- JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.
- JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. In: SIMPÓSIO ITALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8, set. 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2006. 10p. CD-ROM.
- LEI Nº12526 Estabelece normas para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, 2007.
- LOPES, J.E.G.; SANTOS, R.C.P. Capacidade de Reservatórios. São Paulo, 64 p. Disponível em <http://www.fcth.br/public/cursos/phd5706/phd5706_Reservatorios.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2007.
- MACHADO, F.O.; CORDEIRO, J.S. Aproveitamento das águas pluviais: uma proposta sustentável. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6, dez. 2002, Maceió. Anais... Maceió 2002.
- MALINOWSKI. A. Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.
- MANO. R. S. A captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.
- MAY, Simone. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica, 2004;

MOREIRA, R. M. Alocação de recursos hídricos em regiões semi-áridas. Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2001.

NÓBREGA, R. L. B.; GALVÃO, C. O.; ALENCAR, M. S. F. Desenvolvimento de um sistema regional para captação de água pluvial com a revitalização e/ou construção de cisternas. In: 1º Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 2004, Campina Grande. Anais do I Congresso de Iniciação Científica da UFCG, 2004.

OLIVEIRA, C. L. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

OLIVEIRA, J. I.; LUCAS FILHO, M. Caracterização do consumo per capita de água na cidade do natal: uma análise sócioeconômica. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2003. 1 CD-ROM.

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

PIZAIA, M. G.; SOARES, P. C. S.; CAMARA, M. R. G.; CAMPOS, M. F. S. A importância da água na economia doméstica: formas alternativas para um melhor aproveitamento e economia do recurso pelos residentes domiciliares. 2005. Disponível em: http://ich.ufpel.edu.br/economia/professores/xavier/agua_economia_domestica.pdf. Acesso em 11 de abril de 2007.

PROTI, L. M. B. C. Análise do aproveitamento das águas pluviais e energia solar térmica em um prédio escolar da região metropolitana de belo horizonte: um estudo de caso sob a ótica pedagógica, técnica e econômica. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, Taubaté. 2006.

RAMOS, B. F.; MACHADO, L. M.; CASAGRANDE, J.; COUTINHO, L. C. G.; PARAGUASSÚ, I. R. C.; QUADROS, D. A. Análises de viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências unifamiliares. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL-SUDESTE, 1, set. 2006, Curitiba. Anais... Curitiba 2006.

- RAPOPORT, B. Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. 2004. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2004.
- REBELLO, G. A. O.; ZANELLA, L.; ALVES, W. C. Proposta de parâmetros indicadores da qualidade de águas pluviais no meio urbano de acordo com os usos pretendidos. In: SIMPÓSIO ITALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8, set. 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2006. 9p. CD-ROM.
- REVISTA VEJA, Edição 1 624 -17/11/1999. http://veja.abril.com.br/171199/p_154.html
- SAUTCHUK, C.; FARINA, H.; HESPANHOL, I.; OLIVEIRA, L. H.; COSTI, L. O.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; MAY, S.; BONI, S. S. N.; SCHIMIDT, W. 2005. Conservação e reúso da água em edificações. São Paulo, 152 p. Disponível em <[http://www.sindusconsp.com.br/downloads/manual_agua .pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/manual_agua.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2006.
- SHUBO, T. Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana. 2003. Dissertação (Ciências na área de Saúde Pública). – Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2003.
- SILVA, A. G. O turismo e as transformações sócio-espaciais na comunidade de Nossa Senhora da Penha em João Pessoa – PB. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.
- SILVA, R. M. Previsão hidrossedimentológica numa bacia periurbana através do acoplamento de modelos climáticos e hidrológicos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2005.
- SIQUEIRA CAMPOS, M. A. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residências multifamiliares na cidade de São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2004.
- SIQUEIRA CAMPOS, M. A.; AMORIM, S. V. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma edificação residencial multifamiliar na cidade de São Carlos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONTRUÇÃO, 6, out. 2005, Porto alegre. Anais... Porto Alegre, 2005. 10 p. CD-ROM.
- SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos, 2001. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2002. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: 25 fev. 2008.

SOBARZO MIÑO, O. A. Os Espaços da Sociabilidade segmentada: a produção do espaço público em Presidente Prudente. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. 2004.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 17° e 20° edições, APHA, AWWA e WPCF. Washington, 1995.

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

TORDO, O. C. Caracterização e avaliação do uso de águas de Chuva para fins potáveis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. 2004.

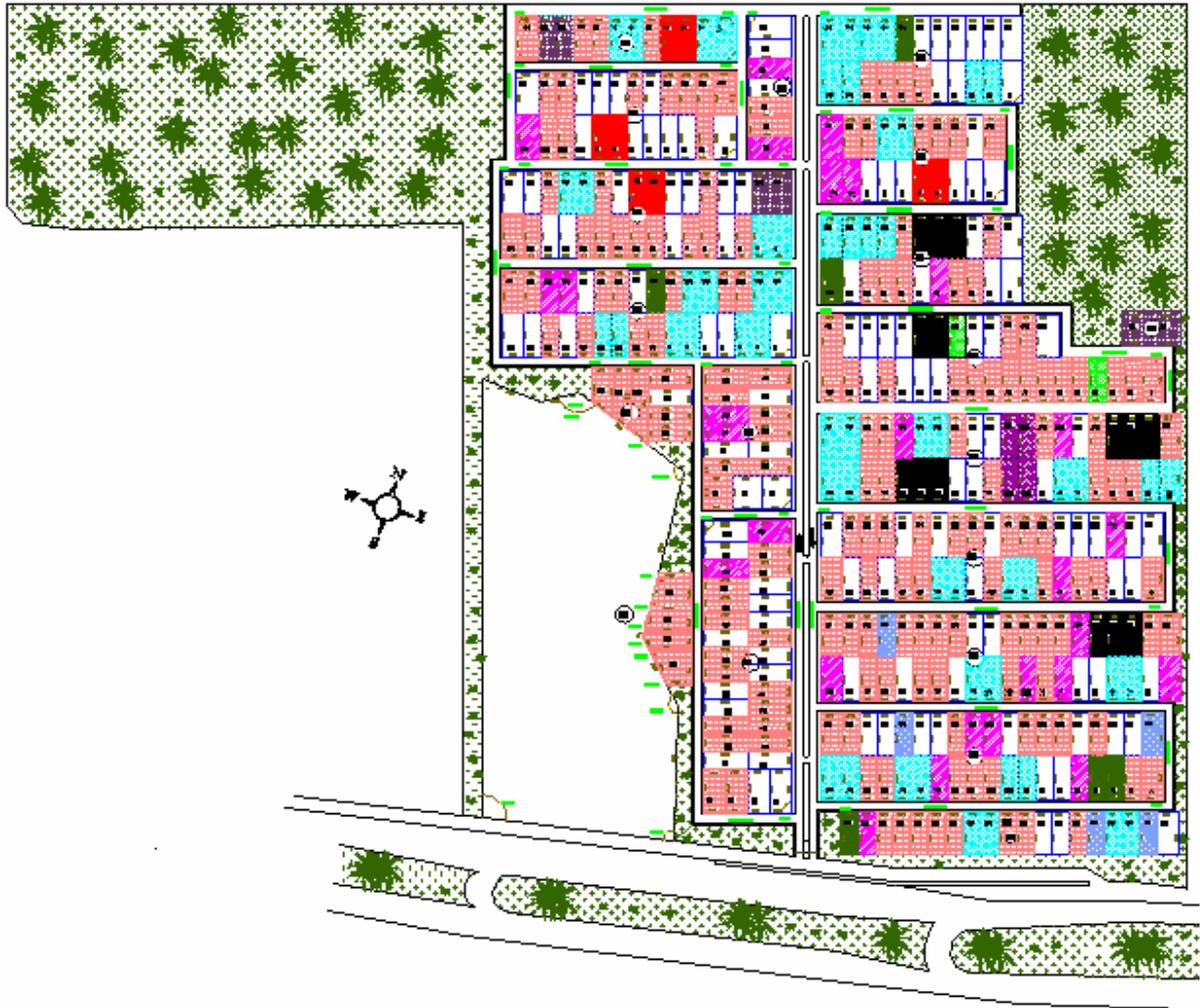
TORRENCE, C.; COMPO, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. Bull. Amer. Meteor. Soc., 79, No. 1, 61-78.

VACCARI, K. P.; REBOUÇAS, T. C.; BOLSONI, P.; BASTOS, F.; GONÇALVES, R. F. 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.

VENDRAMEL, E.; KÖHLER, V. B. A história do abastecimento de água em Maringá, Estado do Paraná. Acta Scientiarum, Maringá, v. 24, n. 1, 2002. 253–260p.

APÊNDICE A

**PLANTA BAIXA DO CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CABO BRANCO RESIDENCE
PRIVÊ**



-  LOTE SIMPLES - CASA CONSTRUÍDA
-  LOTE DUPLO - CASA CONSTRUÍDA
-  LOTE SIMPLES - CONSTRUÇÃO PARALISADA
-  LOTE EM CONSTRUÇÃO
-  LOTE VAZIO
-  LOTE DUPLO - CASA EM CONSTRUÇÃO
-  LOTE DUPLO - CONSTRUÇÃO PARALISADA
-  3 LOTES - CASA CONSTRUÍDA
-  4 LOTES - CASA CONSTRUÍDA
-  LOTE VAZIO - JARDIM
-  PROJETO ANALISADO

APÊNDICE B

**QUESTIONÁRIO APLICADO NO CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CABO BRANCO
RESIDENCE PRIVÊ**

Quadra: _____ Lote (s): _____

1. A casa em que mora no condomínio é própria? Sim Não
2. Quantas pessoas residem na casa?

3. Número de contratados pelo proprietário da casa:
Diaristas: _____ Fixos: _____
4. Quantos banheiros há na residência?
 1 2 3 4 5 6 outros: _____
5. Em média, quantos banhos por pessoa a cada dia?
 1 banho por dia 2 banhos por dia 3 banhos por dia 4 banhos por dia
 outros: _____
6. Durante o banho, a torneira é fechada enquanto se ensaboa?
 Sim Não
7. Quanto tempo demora no banho?
 Menos que 5 minutos Entre 5 e 10 minutos Mais que 10 minutos
8. Escova os dentes com a torneira sempre aberta?
 Sim Não
9. Qual a capacidade do vaso sanitário?
 6 litros 20 litros Não sei Outros: _____
10. A periodicidade em que o jardim é regado, aproximadamente:
 Não tenho jardim Uma vez por dia Duas vezes por dia Uma vez na semana
 Duas vezes na semana De quinze em quinze dias Outros:

11. Como o jardim é regado? (Ex: Balde, mangueira, aspersor, etc.)

12. Quanto tempo, em média, é gasto regando o jardim? Duração: _____ minutos
13. Quando chove no dia anterior, o jardim é regado? Sim Não
14. Possui algum animal de estimação? Sim Não
Quantidade de animais: _____
Tipo de animal: _____
Frequência de banhos na residência _____
15. Quais as dimensões da caixa d'água da residência?
_____ × _____ × _____ = _____ ou _____ litros

16. Se possuir, quais as dimensões da cisterna de água de chuva?
 _____ × _____ × _____ = _____ ou _____ litros
17. Se possuir, quais as dimensões da cisterna de água encanada?
 _____ × _____ × _____ = _____ ou _____ litros
18. As torneiras de sua casa possuem mecanismos poupadores de água?
 (Por exemplo, arejadores, redutores de pressão, fecho automático)
 Sim Não
19. Possui máquina de lavar louças? Sim Não
 Caso tenha, qual a capacidade da máquina? Capacidade: _____ kg
 Com que frequência utiliza a máquina de lavar louças?
 01 vez por dia 02 vezes por dia 03 vezes por dia Mais que 03 vezes por dia
 A louça é lavada com a torneira sempre aberta? Sim Não
20. Possui máquina de lavar roupas? Sim Não
 Caso tenha, qual a capacidade da máquina? Capacidade: _____ kg
 Com que frequência utiliza a máquina de lavar roupas?
 Todos os dias Uma vez por semana Duas vezes por semana
 Três vezes por semana Quatro vezes por semana A cada quinze dias
21. Quantos carros possui na residência?
 1 2 3 4 5 Outros: _____
22. Lava o(s) carro(s) no condomínio? Caso afirmativo, com que frequência? Sim Não
 Frequência: _____
23. Possui piscina? Caso tenha, quais as dimensões (tamanho) da piscina? Sim Não
 Dimensões: _____ × _____ × _____ = _____ ou _____ litros
24. Quem realiza a manutenção da piscina (o próprio morador ou um técnico responsável)?
 Morador Técnico
25. A piscina possui sistema de filtro? Sim Não
 Qual a capacidade do filtro utilizado? Capacidade: _____ litros
26. Possui piscina de plástico? Caso tenha, quais as dimensões (tamanho) da piscina de plástico?
 Sim Não
 Dimensões: _____ × _____ × _____ = _____ ou _____ litros
 Com que frequência a piscina de plástico é utilizada?

No verão: _____ No inverno: _____

27. Em sua residência é verificada a falta de água? A falta de água ocorre no pavimento térreo da residência? Com que frequência ocorre falta de água?

Falta de água na residência: Sim Não

Falta de água no pavimento térreo: Sim Não

Frequência da falta de água: _____

28. Com que frequência a calçada é lavada?

Não lavo a calçada Uma vez por dia Duas vezes por dia

A cada dois dias Uma vez por semana Uma vez no mês

29. Tem conhecimento sobre sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva?

Sim Não

30. Você conhece alguém que utiliza água de chuva? Sim Não

31. A água é um bem essencial à vida, você acredita que, em um futuro próximo, teremos problemas com abastecimento de água? Sim Não

32. A água de chuva é uma fonte alternativa para redução de água potável sendo utilizada em finalidades não potáveis, tais como rega de jardins, lavagem de carros, etc. Você utilizaria água de chuva? Sim Não

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](#)