



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Área de Concentração: Infra-estrutura e Meio Ambiente**

Andréia Eugenia Faresin

**CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM ESCOLAS COM ÊNFASE EM
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: ESTUDO DE CASO NAS ESCOLAS
DA REDE MUNICIPAL DE ERECHIM – RS**

Passo Fundo

2008

Andréia Eugenia Faresin

**CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM ESCOLAS COM ÊNFASE EM
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: ESTUDO DE CASO NAS ESCOLAS
DA REDE MUNICIPAL DE ERECHIM – RS**

Orientador: Dra. Vera Maria Cartana Fernandes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo – UPF, para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Área de Infraestrutura e Meio Ambiente.

Passo Fundo

2008

Andréia Eugenia Faresin

**CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM ESCOLAS COM ÊNFASE EM
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA: ESTUDO DE CASO NAS ESCOLAS
DA REDE MUNICIPAL DE ERECHIM – RS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo – UPF, para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Área de Infraestrutura e Meio Ambiente.

Data de aprovação: Passo Fundo, 26 de junho de 2008

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam a Dissertação.

Dr. Vera Maria Cartana Fernandes
Orientador

Dr. Marina Sangoy de Oliveira Ilha
Universidade de Campinas

Dr. Marcelo Henkemeier
Universidade de Passo Fundo

Dr. Evanisa de Fátima Quevedo Mello
Universidade de Passo Fundo

Dr. Blanca Maquera Sosa
Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2008

RESUMO

A água abriga um rico ecossistema, do qual o homem extrai alimentos, movimenta usinas hidrelétricas, abastece as cidades. A água é um bem finito. Além da racionalização do uso da água deve-se levar em conta a possibilidade de utilização de fontes alternativas de água, como por exemplo, a água de chuva, que é uma fonte de água facilmente disponível e que normalmente é direcionada para as redes e sistemas de drenagem, sem utilização. Porém, deve-se ter um sistema de aproveitamento de águas de chuva adequado a cada caso, não comprometendo sua credibilidade e a segurança de seus usuários. Assim, o objetivo deste trabalho é despertar para a preservação e a importância da conscientização ambiental por meio da racionalização do uso de água e utilização de fontes alternativas de água para uso não potável, nas Escolas da Rede Municipal de Erechim-RS. Para isso a metodologia baseou-se em pesquisas nas Escolas, com levantamento de dados necessários para o diagnóstico preliminar do consumo de água e aplicação de uma metodologia de implantação de Sistemas de Aproveitamento de águas pluviais. Com os resultados obtidos tem-se um projeto de aproveitamento de águas pluviais para a Escola Paiol Grande, concebido dentro da metodologia aplicada, e reforça a importância de dimensionamentos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, levando-se em consideração aspectos importantes para a segurança dos usuários.

Palavras-chave: uso racional de água, aproveitamento de águas da chuva, Escolas Municipais, conscientização ambiental, fontes alternativas de água não potável.

ABSTRACT

Water protects a rich ecosystem from which man extracts foods, moves hydroelectric power plants, supplies cities. Water is a finite benefit. Besides rationalization of water use, we must take into account the possibility of the utilization of water alternative sources, like rain water, that is a water source easily available and usually directed to nets and drainage systems, without use. But we must have an appropriate system of rain water utilization to each case, not compromising its credibility and security of its users. Thus, the objective of this work is arouse to preservation and the importance of environmental consciousness-raising through rationalization of water use and utilization of water alternative sources to non drinkable use at Municipal Net Schools in Erechim, RS. To it, the methodology based itself on research at Schools, with survey of dada necessary to a preliminary diagnosis of water consumption and application of a methodology of implantation of Utilization Systems of pluvial water. With the results obtained, we have a project of utilization of pluvial water to Paiol Grande School, conceived within the applied methodology, and reinforce the importance of systems measuring of utilization of pluvial water, taking into account important aspects to users security.

Key words: rational water use, utilization of water rain, Municipal Schools, environmental consciousness-raising, alternative sources of water not potable.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da metodologia para a implantação do PURA em edifícios	52
Figura 2 – Estrutura da metodologia de projetos para sistemas de aproveitamento de águas pluviais	55
Figura 3 – Reservatório de 1.500 m ³ que armazena água de chuva juntamente com a água de refrigeração para reuso	63
Figura 4 – Condomínio Victoria Falls e reservatório no subsolo	64
Figura 5 – Esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva	64
Figura 6 – Caixa d'água utilizada como reservatório para a água de chuva.....	69
Figura 7 – Área de captação e calhas coletoras e Tubos que conduzem a água do telhado para o reservatório de decantação	69
Figura 8 – Aspecto interno do reservatório de decantação e tubos de saída para a caixa d'água.....	70
Figura 9 – Tubos que conduzem a água do reservatório de decantação para a caixa d'água.....	70
Figura 10 – Saída da caixa d'água para a bomba elétrica e bomba elétrica que conduz a água da cisterna para a caixa elevada sobre os sanitários	71
Figura 11 – Painéis pintados nas paredes da escola pelos alunos envolvidos no programa de educação ambiental	72
Figura 12 – Área de captação: telhado sobre o abrigo das embarcações.....	72
Figura 13 – Área de captação e uma das cisternas de 10.000L adicionais e tubulação de descida das calhas coletoras para a cisterna.....	73
Figura 14 – Tubulação de saída da água armazenada para uso e reabastecimento da cisterna enterrada.....	73

Figura 15 – Tubulação que conduz a água das calhas coletoras para cisterna e tampa da cisterna enterrada	74
Figura 16 – Projeto da fachada do Ed. Rio Tamisa	74
Figura 17 – Colunas onde estão embutidas as tubulações de descida da água de chuva coletada do telhado	75
Figura 18 – Filtro instalado antes da entrada de uma das cisternas de 1000L.....	75
Figura 19 – Tubulação para direcionar o excesso de água para o telhado da garagem do prédio.	76
Figura 20 – Mapa do Brasil e Mapa do Rio Grande do Sul, em destaque a localização da cidade de Erechim.....	78
Figura 21 – Foto Aérea da Praça da Bandeira, centro de Erechim, no ano de 1940	79
Figura 22 – Foto Aérea da Praça da Bandeira, centro de Erechim, ano 2006	80
Figura 23 – Fluxograma da metodologia da pesquisa	81
Figura 24 – Fluxograma para a realização do diagnostico preliminar do consumo de água em um edifício escolar	89
Figura 25 – Calha com saída em aresta viva	96
Figura 26 – Reservatório de água pluvial com tonel	98
Figura 27 – Tonel de descarte da primeira água precipitada	99
Figura 28 – Sistema de retenção de partículas sólidas.....	111
Figura 29 – Sistema de interligação de reservatórios	115
Figura 30 – Mapa do município de Erechim, com a localização das Escolas da Rede Municipal, 2007	118
Figura 31 – Consumo médio diário de água por Escola, ano de 2006	127
Figura 32 – Consumo médio diário de água por Escola, ano de 2006	128
Figura 33 – Fotos da Escola e Ginásio Esportivo	132
Figura 34 – Planta baixa do Ginásio de Esportes	133
Figura 35 – Planta baixa pavimento térreo – Escola	134
Figura 36 – Planta baixa primeiro pavimento – Escola	134
Figura 37 – Planta baixa segundo pavimento – Escola	135
Figura 38 – Calhas da parte frontal.....	136
Figura 39 – Marcação das áreas de jardins e calçadas.....	139
Figura 40 – Caixa de descarga de sobrepor e sistema de bacia sanitária.....	141
Figura 41 – Marcação das áreas de coleta do telhado da Escola e do Ginásio de Esportes.....	147

Figura 42 – Localização em planta, das calhas.....	149
Figura 43 – Localização dos condutores nas calhas da Escola e do Ginásio de Esportes .	150
Figura 44 – Marcação das áreas de contribuição para cada condutor vertical.	151
Figura 45 – Localização dos condutores horizontais desde os condutores verticais até o local da cisterna, passando pelas caixas de inspeção.....	153
Figura 46 – Localização do reservatório inferior, cisterna	157
Figura 47 – Localização em planta do reservatório inferior, cisterna e do reservatório superior	157
Figura 48 – Localização do reservatório de água de chuva superior.....	158
Figura 49 – Rede de distribuição de água de chuva e localização dos pontos de consumo	169
Figura 50 – Localização do dispositivo de autolimpeza e dispositivo de retenção de partículas sólidas.....	170
Figura 51 – Localização do filtro de areia	171
Figura 52 – Localização do sistema de bombeamento	172
Figura 53 – Distribuição da água pluvial para os pontos de consumo	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de águas para reúso	25
Tabela 2 – Estudos de caso em conservação de água	29
Tabela 3 – Prevenções para patologias no sistema de aparelhos sanitários.....	46
Tabela 4 – Número de usos e volumes de água	49
Tabela 5 – Consumo mensal da escola antes e depois da instalação de tecnologias economizadoras.....	50
Tabela 6 – Relação das Escolas com endereço	117
Tabela 7 – Relação das Escolas de Ensino Fundamental	118
Tabela 8 – Relação das Escolas de Educação Infantil	119
Tabela 9 – Demonstrativo das idades que compreendem cada série e cada Ensino.....	120
Tabela 10 – Alunado das Escolas de Educação Infantil, 2006	120
Tabela 11 – Alunado das Escolas de Ensino Fundamental diurno, ano de 2006	121
Tabela 12 – Alunado das Escolas de Ensino Fundamental noturno, ano de 2006.	121
Tabela 13 – Docentes e Servidores das Escolas de Ensino Fundamental e Educação Infantil, ano de 2006	122
Tabela 14 – Relação do consumo de água nas Escolas, unidade de medida em metro cúbico mensal (m ³)	122
Tabela 15 – Relação da quantidade de dias de cada medição de água	124
Tabela 16 – Consumo médio diário (Cm), em m ³ , de janeiro a dezembro de 2006, das Escolas da Rede Municipal de Erechim.....	125
Tabela 17 – Relação dos alunos, unidade em pessoas	125
Tabela 18 – Indicador de consumo IC, ano de 2006, em L/aluno/dia	127
Tabela 19 – Consumo médio mensal estimado (Cme), em m ³	129

Tabela 20 – Indicador de consumo estimado, Ice, em L/aluno/dia	129
Tabela 21 – Comparação do indicador de consumo IC, e indicador de consumo estimado, Ice, das Escolas da Rede Municipal de Erechim, em L/aluno/dia	129
Tabela 22 – Planilha de áreas da Escola Paiol Grande, por pavimento	133
Tabela 23 – Áreas de coleta com o cálculo de vazão de projeto e dimensionamento das calhas.....	148
Tabela 24 – Definição dos condutores verticais	152
Tabela 25 – Dimensionamento das seções dos condutores horizontais com as devidos diâmetros calculados e adotados	154
Tabela 26 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	159
Tabela 27 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl, com área de coleta de telhado da Escola, 1.434,15 m ² , reservatório de 2,58 m ³	161
Tabela 28 – Verificação do volume do reservatório de água de chuva	163
Tabela 29 – Dimensionamento de reservatório pelo método australiano, 12 meses	167
Tabela 30 – Dimensionamento de reservatórios, comparação	168
Tabela 31 – Custo aproximado do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para a Escola Paiol Grande	175

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável.....	60
Quadro 2 – Parâmetros para quantificar o consumo de água por atividade	91
Quadro 3 – Tipos e características dos materiais constituintes de telhados.	94
Quadro 4 – Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler	95
Quadro 5 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)...	97
Quadro 6 – Dimensionamento de reservatório pelo método de Rippl.....	101
Quadro 7 – Verificação do volume do reservatório de água de chuva	104
Quadro 8 – Intensidade pluviométrica para a cidade de Erechim nos últimos 42 anos	138
Quadro 9 – Utilização de água pluvial não potável nas Escolas	139
Quadro 10 – Resultado das análises da água de chuva antes de atingir o telhado.....	142
Quadro 11 – Resultado das análises da água de chuva do telhado 5 minutos de chuva....	143
Quadro 12 – Resultado das análises da água de chuva do telhado, início da chuva.....	145
Quadro 13 – Resultado das análises da água de chuva do telhado, início da chuva.....	145
Quadro 14 – Periodicidade de análise dos parâmetros de água de chuva.....	174

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	ÁGUA: UM BEM INESGOTÁVEL?	17
2.2	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA	22
2.2.1	A ÁGUA DA CHUVA	22
2.2.2	ÁGUA CINZA	24
2.2.3	ÁGUA ENVASADA.....	26
2.2.4	ÁGUA SUBTERRÂNEA	27
2.3	USO RACIONAL E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	27
2.4	PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	32
2.5	PRESERVAÇÃO DA ÁGUA	34
2.6	POLUIÇÃO HÍDRICA	36
2.7	CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES	37
2.8	O AMBIENTE ESCOLAR	43
2.9	A IMPORTÂNCIA DO CONFORTO DO EDIFÍCIO ESCOLAR	45
2.10	EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA	49
2.11	METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE USO RACIONAL DE ÁGUA – PURA EM EDIFÍCIOS	50
2.12	METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	53
2.13	ESTUDOS DE IMPLANTAÇÃO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	60
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	78
3.1	LOCAL DA PESQUISA	78
3.2	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	80
3.3	LEVANTAMENTO DE DADOS DA PESQUISA.....	82
3.4	INDICADORES PARA O DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO CONSUMO DE ÁGUA	83
3.4.1	AUDITORIA DO CONSUMO DE ÁGUA.....	83

3.4.2	HISTÓRICO DO INDICADOR DE CONSUMO DE ÁGUA	84
3.4.3	HISTÓRICO DO CONSUMO DE ÁGUA	84
3.4.4	HISTÓRICO DO NÚMERO DE AGENTES CONSUMIDORES	86
3.4.5	CÁLCULO DO INDICADOR DE CONSUMO DE ÁGUA	87
3.4.6	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO CONSUMO DE ÁGUA	87
3.5	DEFINIÇÃO DAS ESCOLAS PARA IMPLANTAÇÃO DO USO DE FONTES ALTERNATIVAS.....	90
3.6	PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	90
3.6.1	DETERMINAÇÃO DO TIPO E DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS	90
3.6.2	ANÁLISES QUANTITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	91
3.6.3	ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	93
3.6.4	CÁLCULO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	93
3.6.5	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DEFLÚVIO	93
3.6.6	DIMENSIONAMENTO DE CALHAS	94
3.6.7	DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS	96
3.6.8	DIMENSIONAMENTO CONDUTORES HORIZONTAIS.....	97
3.6.9	DISPOSITIVO DE AUTO LIMPEZA	98
3.6.10	RESERVATÓRIOS DE ÁGUA PLUVIAL	99
3.6.11	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS	99
3.6.12	SISTEMA DE FILTRAGEM E TRATAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	109
3.6.13	SISTEMA DE BOMBEAMENTO.....	112
3.6.14	TUBULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL	114
3.6.15	INTERLIGAÇÃO ENTRE RESERVATÓRIOS – ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA PLUVIAL.....	114
3.6.16	AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	116
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	117
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS	117
4.2	HISTÓRICO DO CONSUMO DE ÁGUA	124
4.3	HISTÓRICO DO NÚMERO DE AGENTES CONSUMIDORES.....	125
4.4	CÁLCULO DO INDICADOR DE CONSUMO DE ÁGUA.....	126
4.5	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR SOBRE O CONSUMO DE ÁGUA	127
4.6	AVALIAÇÃO DE APLICAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA NÃO POTÁVEL.....	131
4.7	CONCEPÇÃO DE PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	132
4.7.1	DETERMINAÇÃO DO TIPO E DA QUANTIDADE DE AMOSTRAS	135
4.7.2	ANÁLISES QUANTITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	136
4.7.3	ANÁLISES QUALITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS	141
4.7.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	146
4.7.5	SISTEMA DE BOMBEAMENTO.....	171

4.7.6	TUBULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL	173
4.7.7	INTERLIGAÇÃO ENTRE RESERVATÓRIOS – ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA PLUVIAL.....	174
4.7.8	PLANO DE MONITORAMENTO.....	174
4.7.9	CUSTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	175
5	CONCLUSÕES DA PESQUISA.....	176
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento vital para os seres humanos, deve-se levar em conta a importância de controlar seu desperdício e a racionalização do seu uso, por meio da conscientização e colaboração dos usuários.

A Declaração Universal dos Direitos da Água em seu art. 7º traz que:

A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis. (ONU, 1992).

O volume de água consumido em uma edificação, constante na conta de água, pode ser dividido em duas parcelas: o uso propriamente dito e o desperdício. O desperdício pode ser tanto pela ocorrência de vazamentos como pelo mau uso desse insumo nas diferentes atividades realizadas nas edificações.

O Brasil é um país privilegiado com relação à disponibilidade hídrica, pois detém cerca de 13% de toda a água superficial do mundo, porém 70 % da água disponível para uso está localizada na Região Amazônica, e os 30 % distribuem-se desigualmente pelo país, para atender 93% da população (ANA, 2007). Os maiores mananciais estão localizados em regiões de menor densidade populacional e aqueles próximos às grandes cidades apresentam grandes índices de poluição, devido à pequena porcentagem de tratamento do esgoto antes de seu lançamento em rios, mares e oceanos.

Penedo (2003) avalia que o Brasil ainda tem uma posição privilegiada, mas precisa rever a forma como vem tratando seus mananciais. Afirma que interferir em etapas do

ciclo da água afeta a quantidade e a qualidade das águas. O ciclo hidrológico vem sendo constantemente alterado por intervenções do homem, como o uso inadequado do recurso, a poluição das águas, os esgotos sendo lançados e os desmatamentos que acabam dificultando a impermeabilização do solo e alterando o leito dos rios.

Entender que a água doce de qualidade é um bem finito é um bom começo para tentar minimizar a escassez. Devemos atentar para o uso deste bem finito.

Infelizmente não existe uma rotina de manutenção preventiva dos sistemas prediais nas edificações em geral, principalmente em edificações públicas, o que pode ocasionar uma situação de constantes vazamentos e desperdício de água generalizado.

Para que sejam obtidos resultados efetivos, um programa de uso racional da água deve partir do diagnóstico preliminar do consumo de água na edificação, de modo a subsidiar o planejamento das atividades a serem desenvolvidas.

Em edificações escolares públicas, é freqüente o uso não racional desse insumo, uma vez que os usuários não são os responsáveis diretos pelo pagamento da conta de água. Inserido nesse contexto, se busca, por investigação de campo, identificar o consumo de água nas Escolas da Rede Municipal de Erechim – RS. E a partir disto propor a utilização de fontes alternativas de água para usos não potáveis.

As justificativas para o desenvolvimento deste trabalho partem de que pesquisadores ao longo de todo o mundo vêm alertando sobre a falta de água e sobre o fato de que os grandes centros urbanos têm buscado esse insumo em locais cada vez mais distantes, devido à poluição dos mananciais junto aos grandes centros urbanos. Esses aspectos não apenas encarecem o valor da água para o consumidor final, mas do sistema de abastecimento de água como um todo. Isso se deve não somente a problemas de oferta (escassez de água, poluição das fontes pelo despejo de esgoto não tratado etc.), mas também pelo uso intensivo e perdas em diferentes partes do sistema, desde as estações de tratamento de água até o ponto de consumo, no interior dos edifícios (demanda).

Considerando-se a importância do ambiente escolar para a formação do cidadão, evidenciou-se o problema a ser investigado quanto à forma de utilização da água potável, a identificação dos vazamentos, a proposição de melhorias com relação aos benefícios e a utilização de fontes alternativas de água, nas Escolas Municipais de Erechim – RS.

Tem-se como objetivo geral despertar para a preservação e a importância da conscientização ambiental por meio da racionalização do uso de água e utilização de fontes alternativas de água para uso não potável, nas Escolas da Rede Municipal de Erechim – RS.

Os objetivos específicos são definidos como:

- a) Levantamento de dados para o diagnóstico preliminar do consumo de água, nas Escolas da Rede Municipal de Erechim;
- b) Avaliar a possibilidade da aplicação de sistemas de fontes alternativas de água não potável;
- c) Aplicar uma metodologia de implantação de Sistemas de aproveitamento de águas pluviais;
- d) Levantar os custos de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

A estrutura metodológica do trabalho é composta por cinco capítulos. Além do presente capítulo, no qual se apresenta o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e as delimitações do trabalho, esta dissertação está composta por mais quatro capítulos.

No capítulo 2, apresenta-se a revisão bibliográfica, abordando os assuntos; água, um bem inesgotável; fontes alternativas de água; uso racional e conservação de água; programas de conservação da água; preservação da água; poluição hídrica; conservação da água em edifícios; o ambiente escolar; a importância do conforto do edifício escolar; equipamentos economizadores de água; metodologia para a implantação de Programa de Uso Racional de água – PURA em edifícios; metodologia para a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e estudos de implantação de aproveitamento de águas pluviais.

No capítulo 3, descreve-se a metodologia da pesquisa utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho. Ainda, nesse capítulo detalha-se, a estratégia, o delineamento da pesquisa, assim como as atividades realizadas.

No capítulo 4, são apresentados e analisados os resultados da pesquisa.

Por fim, no capítulo 5, apresentam-se a conclusão da pesquisa e as proposições para trabalhos futuros, seguidas das referências bibliográficas e dos anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Água: um bem inesgotável?

A disponibilidade de água doce para consumo humano e para uso na agricultura sempre ocupou um lugar privilegiado entre as sociedades, nas quais a oferta de água doce exerce um papel determinante na dinâmica da vida humana e, sobretudo, no desenvolvimento técnico e material.

Atualmente acredita-se que novos conflitos internacionais, motivados pela disputa da água, deverão aparecer nas próximas décadas. Crescem as previsões de que, em regiões como o Oriente Médio e a bacia do rio Nilo, na África, a água substituirá o petróleo como o grande causador de discórdia. A razão é a escassez do precioso líquido transparente naqueles lugares.

De acordo com Vogt (2000, p. 1) “dos 2,5% de água doce da Terra, 0,3% são acessíveis ao consumo humano”. Essa cifra demonstra claramente a diferença entre água e recursos hídricos, ou seja, água passível de utilização como bem econômico. A quantidade total de água da Terra, portanto, é suficiente para abastecer toda a população com folga. Isso porque o ciclo hidrológico mantém um fluxo constante do volume de água, a uma taxa de 41.000 km³/ano. Desse fluxo, mais da metade chega aos oceanos antes que possa ser captado e um oitavo atinge áreas muito distantes para poderem ser usadas. Estima-se que a disponibilidade efetiva de água esteja entre 9.000 e 14.000 km³/ano.

A água é um recurso renovável, isto é, os mananciais se renovam por meio do ciclo hidrológico. Apesar de se ter a impressão de que a água está acabando, a quantidade de água na Terra é praticamente invariável há 500 milhões de anos. O que muda é a sua

distribuição, pois a água não permanece imóvel. Ela se recicla por meio de um processo chamado ciclo hidrológico, a partir do qual as águas do mar e dos continentes se evaporam, formam nuvens e voltam a cair na terra sob a forma de chuva, neblina e neve. Depois escorrem para rios, lagos ou para o subsolo e aos poucos correm de novo para o mar mantendo o equilíbrio no sistema hidrológico do planeta (VOGT, 2000).

Essa sensação de que a água está acabando, na realidade, se deve mais à perda da qualidade da água causada por inúmeros fatores, entre os quais a poluição e contaminação, que podem chegar a inviabilizar a reutilização, do que à redução do volume de água da Terra. A existência do ciclo hidrológico é uma das provas de que o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, e não a falta de água, é o maior problema a ser enfrentado pela humanidade.

Nesse sentido, Vogt (2000, p. 1) alerta que:

A disponibilidade da água tornou-se limitada pelo comprometimento de sua qualidade. A situação é alarmante: 63% dos depósitos de lixo no país estão em rios, lagos e restingas. Na região metropolitana de São Paulo, metade da água disponível está afetada pelos lixões que não tem qualquer tratamento sanitário. No Rio de Janeiro diminuiu-se a oferta de água para fins de uso doméstico e industrial devido à poluição crescente por esgoto urbano. A Região Norte, que tem a maior reserva de água doce do Brasil, é a que mais contamina os recursos hídricos despejando agrotóxicos, mercúrio dos garimpos e lixo bruto nos rios.

Quanto à questão da carência de água potável, a ONU salienta que "há água doce mais que o suficiente, no mundo, para satisfazer as necessidades de todos, mas deve-se dar a mesma atenção à extração e distribuição da água, como se daria à administração de qualquer indústria essencial" (UFBA, 2006, p. 1).

Ainda de acordo com a mesma organização, até 2025, dois terços da população sofrerá escassez de água, de moderada a severa.

A Organização para a Agricultura e a Alimentação (FAO – *Food and Agriculture Organization*) importante braço da ONU, estima que, a cada 20 anos a demanda global por água doce dobra (UFBA, 2006).

Segundo as estimativas mais recentes da ONU a crise da água já tem data marcada: 2030. Nesse período haverá a globalização da deficiência que hoje ocorre de maneira localizada.

A qualidade da água e o seu uso sustentável constituem-se fatores preocupantes não apenas por parte dos governos de alguns países, mas principalmente de organismos internacionais. Dentro dessa realidade, a Unesco divulgou recentemente um estudo detalhado sobre as fontes do produto para consumo humano no mundo, intitulado *Água: uma Responsabilidade Compartilhada*. Em 15 capítulos, o relatório traz uma análise detalhada da situação em todas as regiões do planeta, baseada nos mais recentes dados, mapas e gráficos disponíveis, além de estudos de caso e exemplos de boas e más práticas de gestão dos recursos hídricos (AGÊNCIA..., 2006).

De acordo com o documento, devido às gestões equivocadas e os limitados recursos, aliados as mudanças climáticas, atualmente um quinto da população do planeta não tem acesso à água potável e 40% não dispõe de condições sanitárias básicas.

O estudo destaca também a relação entre crescimento populacional e consumo de água nos próximos anos, trazendo uma retrospectiva para que se perceba a gravidade do assunto, informando que no século passado, o uso da água cresceu seis vezes, ou seja, duas vezes mais do que a taxa de crescimento populacional e se continuar nessa escala, certamente se caracterizará num dos problemas mais graves já enfrentados pela humanidade.

Diferentemente da energia, a água é provida pela natureza, enquanto a energia pode ser produzida pelo homem, das mais diversas fontes. A escassez da água pode levar às mais diversas doenças, fome, diminuição da produção de alimentos além de provocar crises sociais e políticas.

Conforme Vesentini (1999), a qualidade da água que abastece as residências é tão importante que 80% das doenças existentes nos países subdesenvolvidos devem-se à má utilização desse recurso hídrico. Apesar da expansão da rede de água para abastecimento urbano no Brasil, ela ainda é insuficiente para a crescente população das grandes e médias cidades. Uma parcela da população, especialmente nas periferias e bairros pobres, sempre fica à margem da rede de água tratada. Esse quadro piora com a contaminação das nascentes que abastecem as cidades, devido à expansão da área construída até os mananciais ou as represas, com desmatamento e poluição. A água, dessa forma, vai se tornando cada vez mais difícil e menos pura nas grandes cidades, portanto, economizar água tratada para fins não nobres ajudaria a minimizar o problema de abastecimento urbano.

O crescimento populacional é fator agravante, pois conforme a Unesco (AGÊNCIA..., 2006), futuramente deverá aumentar a necessidade de produzir alimentos

em função do acréscimo do número de indivíduos no planeta. Dados do estudo realizado pela Unesco, *Água: uma Responsabilidade Compartilhada*, dão conta de que em meados de 2030 o mundo necessitará de 55% mais de comida, em consequência disso, a irrigação se constituirá numa demanda crescente, visto que atualmente já utiliza cerca de 70% de toda a água para consumo humano. A respeito disso, o estudo traz dados alarmantes sobre o uso racional da água:

O problema pode se agravar nas grandes cidades, que deverão concentrar, até 2030, dois terços da população mundial, produzindo 'um drástico aumento' da demanda por água nas áreas urbanas. Apesar disso, em muitos lugares do mundo, um enorme percentual de 30 a 40% dos recursos hídricos são desviados por escapes de água, por canos ou via canais, e por conexões ilegais (AGÊNCIA..., 2006, p. 1).

No Brasil, de acordo com Tucci; Hespanhol e Cordeiro Netto (2001) a grande concentração urbana provoca vários conflitos, dentre os quais elenca-se a degradação ambiental dos mananciais; o aumento do risco das áreas de abastecimento com a poluição orgânica e química; a contaminação dos rios pelos esgotos doméstico, industrial e pluvial; as enchentes urbanas geradas pela inadequada ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana; a falta de coleta e de disposição do lixo urbano. Geralmente, a causa principal desses problemas se encontra nos aspectos institucionais relacionados com o gerenciamento dos recursos hídricos e do meio ambiente urbano.

O Brasil, além dos problemas de poluição dos reservatórios naturais e dos processos desordenados de urbanização e industrialização, tem como causa da degradação da qualidade da água o desperdício provocado por escoamento defeituoso nas tubulações e o desperdício doméstico.

De modo geral, falta uma maior eficiência política dos governos que estabeleça ações públicas e privadas para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos. Vogt (2000) explica que devido a esses fatores, o Banco Mundial adotou alguns procedimentos em nível global para melhoria do gerenciamento da água, quais sejam:

- a) incorporar as questões relacionadas com a política e o gerenciamento dos recursos hídricos nas conversações periódicas que mantém com cada país e na formulação estratégica de ajuda aos países onde as questões relacionadas com a água são significativas;

- b) apoiar as medidas para o uso mais eficiente da água;
- c) dar prioridade à proteção, melhoria e recuperação da qualidade da água e a redução da poluição das águas, a partir de políticas "poluidor-pagador" (quem polui, paga na proporção do dano);
- d) apoiar os esforços governamentais para descentralizar a administração da água e encorajar a participação do setor privado, a participação das corporações públicas financeiramente autônomas e das associações comunitárias no abastecimento de água aos usuários e
- e) apoiar programas de treinamento para introduzir reformas nos sistemas de gerenciamento de água;

Dentro deste contexto, Oliveira (1999) explica que o gerenciamento da utilização da água para a preservação dos recursos hídricos deve ser realizado em três níveis sistêmicos, a saber: a) macro: correspondente aos sistemas hidrográficos; b) meso: sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário; e c) micro: sistemas prediais.

O consumo total da água tarifada é composto por uma parcela efetivamente utilizada e outra desperdiçada. A água utilizada é aquela necessária para a realização das diferentes atividades, sendo a desperdiçada decorrente do uso excessivo ou perdas. Então, dentro de uma edificação, o consumo de água medido pode ser dividido, segundo a referida autora, em duas parcelas: desperdício e perda.

Desperdício, a autora define como sendo toda a água que está disponível em um sistema e que é perdida antes de ser utilizada para uma atividade fim ou quando é utilizada de forma excessiva, desta forma englobando perda e uso excessivo.

Perda, definida como sendo a água que escapa antes de ser utilizada para uma atividade afim pode ocorrer devido a: vazamento, mau desempenho do sistema e negligência do usuário.

Uso excessivo, por sua vez, ocorre quando a água é utilizada de modo inadequado em uma atividade como: procedimentos inadequados, ou seja, banho prolongado, varredura de passeio público com mangueira, mau desempenho do sistema.

Para reduzir o desperdício de água, Oliveira (1999) sugere: ações econômicas, por meio de incentivos e desincentivos econômicos; ações sociais, por meio de campanhas educativas e de sensibilização do usuário e ações tecnológicas por meio da substituição de sistemas convencionais por economizadores de água.

Para que a redução de consumo de água seja permanente, a autora ressalta a grande importância da implementação dos três tipos de ação.

2.2 Fontes alternativas de água

2.2.1 A água da chuva

A água da chuva é uma fonte alternativa importante, principalmente para as regiões onde o regime pluviométrico é generoso, argumenta Santos (2001).

Segundo Roggia (2006) o aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável é uma medida utilizada em vários países há anos. A chuva é uma fonte de água facilmente disponível a qualquer pessoa, sendo assim, não se deve continuar a jogá-la integralmente na rede de drenagem. No entanto, é necessário que ocorra uma preocupação com a implantação dos sistemas de águas pluviais, pois muitas vezes o sistema pode ser implantado sem o devido cuidado com a qualidade da água, podendo vir a acarretar problemas com a saúde pública da população.

Gonçalves (2005) salienta que o sistema de coleta e condução da água da chuva não é dispendioso, pois pode ser, com pequenas adaptações, o próprio sistema predial de água pluvial. Araújo (2005) comenta que na cidade de São Paulo, a lei municipal nº 13.276/2002 tornou obrigatória a execução de reservatórios para as águas coletadas por coberturas e pavimento, nos lotes edificadas, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Foi batizada de "Lei das Piscininhas"; a regulamentação determina que a absorção das águas pluviais no lote será obrigatoriamente garantida pela execução dos reservatórios ligados ao sistema de drenagem, onde a reserva do terreno para a construção das piscininhas represente, no mínimo, 15% da área livre de pavimentação.

A exemplo de São Paulo, em Porto Alegre, a lei das piscininhas está em vigor desde a aprovação do Plano Diretor 2002 (Araújo, 2005).

A idéia dos reservatórios veio da Europa, onde existem cidades que já utilizam o sistema de coleta há tempos.

Referente à qualidade da água da chuva, comentam Babbitt, Boland e Cleasby (1993) que a mesma tem sido avaliada em uma série de pesquisas. No entanto, em tais

trabalhos, normalmente a água da chuva é coletada diretamente da própria atmosfera. A água da chuva a ser coletada em uma edificação tem contato com os telhados, calhas e os condutores verticais, por isso, segundo Santos (1997) justifica-se sua devida caracterização, de maneira que, as características possam ser confrontadas com os requisitos necessários para seu uso de forma adequada.

Segundo Tomaz (2003) a composição da água da chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e tipo de chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora.

O referido autor lembra que, próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações proporcionais às encontradas na água do mar. Distante da costa, os elementos presentes são de origem terrestre: partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, elementos cuja emissão são de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre.

Em áreas como centros urbanos e pólos industriais, passam a ser encontradas alterações nas concentrações naturais da água da chuva devido a poluentes do ar, como o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) ou ainda chumbo, zinco e outros.

A reação de certos gases na atmosfera, como dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO_x), com a chuva, forma ácidos que diminuem o pH da água da chuva.

Segundo Tomaz (2003), pode-se dizer, portanto, que o pH da chuva é sempre ácido, e o que se verifica é que, mesmo em regiões inalteradas, encontra-se pH ao redor de 5,0. Em regiões poluídas, pode-se chegar a valores como 3,5 quando há fenômeno da "chuva ácida".

Em Porto Alegre, já foi relatada chuva com pH inferior 4,0 e no Estado de São Paulo com pH menor que 4,5.

A região do Brasil do Estado do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul é considerada área com problemas potenciais para chuvas ácidas.

Tomaz (2003) diz que em geral, as chuvas só devem ser usadas para uso não-potável, principalmente em regiões industriais, onde é grande a poluição atmosférica. A conhecida chuva ácida é aquela cujo pH é menor que 5,6.

2.2.2 Água cinza

A água cinza é aquela proveniente dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar. Silva et alii (2001) avaliam a possibilidade de seu uso, preocupado com a escassez dos recursos hídricos.

Quantitativamente, reconheceu-se que seu uso, em nível doméstico, se justifica. Porém, acrescenta o autor, que a qualidade necessária à água cinza para atender os usos previstos deve ser rigorosamente avaliada sob o enfoque de garantia da segurança sanitária.

Nunes e Ilha (2005) afirmam que o reúso de água é tecnicamente viável, mas para sua efetiva utilização, deve-se atentar para problemas relacionados com a contaminação e, nesse sentido, parâmetros de qualidade das águas residuárias, tendo em vista o objeto de uso final e valores de controle devem ser estabelecidos e monitorados periodicamente. Conhecer as características das águas residuárias é importante para a avaliação da possibilidade de reúso.

Os componentes presentes na água variam de uma fonte para outra, onde os estilos de vida, costumes, instalações e uso de produtos químicos são variáveis importantes. Por este motivo, devem-se levantar os constituintes presentes na água cinza devido ao risco sanitário provocado por substâncias químicas orgânicas e inorgânicas e microrganismos.

Santos (1997) cita como exemplo, as avaliações desse tipo de reúso da água que vêm sendo conduzidas na Universidade do Arizona, apresentada por Gelt et alii (2001). Entre as intenções de tal avaliação está a necessidade em conhecer o potencial de uso eficiente da água cinza, determinando os possíveis riscos que esta possa causar à saúde de seus usuários. Na Califórnia, por sua vez, é permitido o uso residencial para atividades como a irrigação superficial.

Porém Castro (2000) estabelece a fundamental questão a ser observada para o uso da água cinza: os custos do tratamento para que esta possa ser utilizada com a segurança sanitária requerida, onde, em maiores níveis de exigência e uso, maiores serão tais custos.

Para viabilizar o sistema de aproveitamento e reúso no Brasil explica Quinalia (2005), o sistema de reutilização de água não potável em edificações deve atender a certas exigências como fornecer água previamente tratada para uso em irrigações de jardins, lavagens de pisos, veículos e roupas, descargas em bacias sanitárias, refrigeração e sistema de ar condicionado.

Esses dados podem ser verificados conforme os graus de classificação das águas de reuso (ver tabela 1).

Tabela 1 – Classificação de águas para reúso

Tipo	Uso	Agravantes	Solução
Classe 1	Descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos d'água entre outros).	Problemas com sedimentação, odores devido à decomposição de matéria orgânica e presença de materiais fluentes.	Detecção de cloro residual combinado em todo o sistema de distribuição. Controle de agentes tensoativos devendo seu limite ser menor ou igual a 0,5 mg/l
Classe 2	Lavagem de agregados, preparação de concretos, compactação do solo e controle da poeira.	Modificação da qualidade do concreto se a água não estiver devidamente tratada.	Tratamento específico para a composição química.
Classe 3	Irrigação de áreas verdes e jardins.	Presença de salinidade, toxicidade de íons específicos, taxa de infiltração no solo.	A OMS estabeleceu diretrizes para o uso de esgotos na agricultura e aquicultura, em 1989, do valor numérico de 1000 coliformes fecais/100 ml para irrigação irrestrito de culturas ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos. Para gramados onde o público tenha contato direto, é exigido o limite de 200 coliformes fecais/100ml e nematóides intestinais de < 1000 de helminto/l
Classe 4	Resfriamento de ar condicionado. Torres de resfriamento.	Possibilidade de componentes agressivos na água aos elementos metálicos do sistema.	Tratamento específico para a composição química da água.
Água Cinza	Bacias Sanitárias.	Possível de contaminações diversas.	Recomenda-se a separação do sistema hidráulico destinado ao reúso de sistema de água potável, sendo proibida a conexão cruzada entre ambos.
Água pluvial	Irrigação, rega de jardins, limpeza de pisos.	Presença de coliformes fecais e outros materiais poluentes.	Controle da quantidade de coliformes fecais e outros materiais poluentes por meio de sistemas de tratamento.
Água de reúso da concessionária	Processos industriais (resfriamento, lavagem, limpeza).	-	-
Água de drenagem de terreno	Utilizada desde que haja controle de sua qualidade e disponibilidade.	Sais e óxidos de ferro em grande concentração, compostos químicos e contaminações que estejam incorporados nos terrenos dos empreendimentos.	Tratamento específico para a composição química da água.
Águas Subterrâneas	Para consumo em substituição a água potável.	Qualidade e gestão de água. Série nitrogenada, presença de metais tóxicos, compostos inorgânicos não metálicos (fósforo, selênio, nitrogênio, enxofre, flúor) sintéticos do grupo BTEX e compostos mais densos que a água, DNAPLs.	Tratamento específico para a composição química da água, caso a água seja utilizada para fins potáveis exige-se a gestão permanente da qualidade.

Fonte: Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificação (apud QUINALIA, 2005).

Segundo Quinalia (2005), a concessionária de água pode fornecer uma água de reúso oriunda do tratamento do esgoto público da cidade, recomendada exclusivamente para fins específicos, não potáveis, em ambientes externos.

Fiori (2005) ressalta que o crescimento rápido da população urbana, da industrialização e, também, a demanda crescente por água, bem como a iminente perspectiva de sua escassez, está submetendo a graves pressões, os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades, fazendo do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância. A reutilização ou reúso da água não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos.

A possibilidade de substituição de parte da água potável, por uma de qualidade inferior, para fins não nobres, reduz a demanda nos mananciais de água.

Fiori (2005) alerta que cabe institucionalizar, regulamentar e promover o reúso de água no país, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com os princípios técnicos adequados, como também seja economicamente viável.

No desenvolvimento do trabalho que visava determinar os parâmetros de qualidade e quantidade de água cinza nos edifícios residenciais multifamiliares, por meio de análises em laboratórios e de questionários aplicados à população, com a finalidade de subsidiar a redução do consumo e buscar a sustentabilidade hídrica pelo uso racional e eficiente da água, Fiori (2005), observou que com um tratamento adequado, como por exemplo para reúso urbano, tratamento secundário, filtração e desinfecção, estas águas podem ser reutilizadas para fins não nobres em qualquer edificação, gerando economia de água potável com redução da demanda nos sistemas urbanos de captação, distribuição e tratamento de água.

2.2.3 Água envasada

Leal (2000) escreve que é crescente a utilização de água mineral envasada entre a população, estima-se que o consumo diário per capita seja na ordem de 5 litros (SANTOS, 1997).

É importante ainda comentar que no Brasil estas águas devem atender às portarias específicas de potabilidade.

Inicialmente é necessário avaliar se a fonte é segura quanto ao aspecto sanitário. Todavia é no envase que se devem ter maiores cuidados para que a água não seja contaminada.

2.2.4 Água subterrânea

Babbitt, Boland e Cleasby (1993) destacam que as águas subterrâneas podem ter origem em lençóis freáticos (superfície de água subterrânea exposta à pressão atmosférica, abaixo da superfície da terra) ou lençóis artesianos, que em muitas edificações constituem-se em grande fonte complementar, até na fonte principal.

A água subterrânea, por sua vez, comenta Santos (1997) tem sua qualidade atrelada às características geológicas e às atividades antrópicas do local. O autor informa que, caracterizada a água subterrânea, faz-se necessário avaliar sua potencialidade de uso, conforme requisitos pré-estabelecidos.

Algumas empresas e edifícios possuem poços artesianos para extração de água subterrânea, porém, na maioria estes poços são irregulares.

Para fazer a furação de um poço para extração de água subterrânea, o interessado deve encaminhar estudos para os órgãos competentes, por meio de um responsável técnico, geólogo, e solicitar a outorga. Somente depois de analisado e autorizado o interessado pode proceder a furação do poço.

2.3 Uso racional e conservação da água

A importância dada, na atualidade, para o uso racional da água provém de um descaso que vem se acumulando durante gerações sobre este insumo. O uso indiscriminado e o aproveitamento irracional geraram e ainda estão gerando problemas de ordem ecológica e social (SALERMO et alii, 2003).

A preocupação crescente com a conservação de água por parte de autoridades e pesquisadores, demonstrada nos trabalhos e pesquisas desenvolvidas, assim como nos

programas públicos de planejamento e gestão, mostra-se como um indicativo da real situação pela qual o mundo passa.

Segundo Construções Eficientes (2006), no Brasil medidas para aumentar a eficiência energética e promover o uso racional da água estão, aos poucos, modificando a prancheta dos projetistas e aumentando o volume de adaptações em edifícios existentes. Na Europa e nos Estados Unidos, principalmente, construir visando otimizar o consumo de água e energia não é novidade desde a década de 1970, quando surgiu o conceito de *green building*.

Aqui no Brasil, a pressão por soluções sustentáveis é bem mais recente, mas já está afetando o mercado. Basta notar que a demanda parte, ao mesmo tempo, do governo, dos consumidores, interessados no tema pela possibilidade de reduzir os gastos ambientalistas que pedem saídas menos agressivas à natureza, de investidores estrangeiros, cada vez mais exigentes em relação à responsabilidade social e ambiental das empresas onde injetam recursos.

A contínua urbanização aliada à elevada densidade demográfica das regiões metropolitanas contribui consideravelmente para o aumento da demanda de água e para a poluição dos corpos hídricos, seja por esgoto doméstico quanto por industrial.

Regiões desenvolvidas e industrializadas, bastante povoadas, como a Sul e Sudeste, mesmo possuindo bacias hidrográficas com grande capacidade em volume de atender a demanda de água, já estão passando por dificuldades na obtenção deste insumo.

Em face esse tipo de problema, a utilização de programas de gerenciamento de águas no combate ao consumo excessivo de água potável, em grandes instalações prediais, vem sendo adotada já em vários estados do país com resultados bastante positivos.

Silva et alii (2001) entende que não é possível dissociar o inadequado uso do solo na bacia hidrográfica no sentido mais abrangente como urbanização, industrialização, mineração, agricultura e impactos correlatos como causa fundamental da escassez da água no contexto quantitativo e qualitativo.

Na medida em que a gestão dos recursos hídricos não está devidamente articulada com o planejamento territorial, existem problemas de gestão, sendo a poluição uma conseqüência da degradação ambiental.

Ao colocarmos a água como um bem, está implícito o conceito de recursos hídricos que envolve a disponibilidade de água, com variabilidade espacial e temporal intrínseca aos condicionamentos climáticos, hidrológicos, hidrogeológicos, usos múltiplos atuais e futuros. Em tal contexto trata-se de um bem finito cuja utilização envolve aspectos quantitativos e qualitativos balizados por limites, que quando ultrapassados configuram escassez e conflito, o que tem motivado a legislação disciplinadora, estabelecendo critérios de outorga e cobrança pelo uso. (CASTRO, 2000, p. 320).

Questionando sobre os fatores que podem contribuir para minorar o problema da crescente poluição e contaminação, recuperar as águas torna-se caro e, conseqüentemente o acesso acaba restrito; Reisdörfer (2007) pondera que a escassez deve ser colocada em perspectiva de escala, sem nunca isentar a responsabilidade dos governos que é de onde partem as decisões.

A Environmental Protection Agency (EPA, 2007), dos Estados Unidos destaca estudos de caso em conservação de água, os quais seguem apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Estudos de caso em conservação de água

Local	O que gerou	O que foi executado	Os resultados
Albuquerque, Novo México	O clima seco e o aumento da população gerou problemas no abastecimento de água	Empregado tarifa incentivando a conservação de água, educação pública, uso de equipamentos eficientes, mudanças nos paisagismos e no uso de água nas áreas externas e otimização do uso da água industrial, comercial e institucional, entre outras	Instalação de 39.303 equipamentos economizadores; Economia de 45 galões/pessoa/dia (1995 a 2001); Redução da demanda de pico em 14%.
Ashland, Oregon	O aumento da população nos anos 80 e a discussão pelo direito sobre as águas geraram um problema de suprimento	Detecção e conserto de vazamentos, tarifa de água incentivando a conservação, programa de substituição de chuveiros convencionais por economizadores e instalação de bacias economizadoras, entre outros	Economia de cerca de 395.000 galões/dia (2001) Redução de 16% do uso de água no inverno; Redução do esgoto gerado em 58 milhões de galões (2001).
Cary, Carolina do Norte	O aumento da população e o aumento na demanda de água na estação seca, fazendo com que a cidade passasse por diversas restrições	Educação pública, estabelecimento de procedimentos para irrigação e rega, subsídios para substituição de obturadores das caixas de descarga, realização de auditorias do consumo residencial; emprego de tarifa incentivando o uso racional de água; uso de sistemas de reaproveitamento de água, entre outras	Previsão de uma economia de 4,6 milhões de galões/dia (16%) na produção de água até final de 2028, o que reduzirá os custos de operação e permitirá postergar ampliações sistema atual.

Continua...

... Continuação

Local	O que gerou	O que foi executado	Os resultados
Gallitzin, Pensilvânia	Grandes perdas de água no sistema, com vazamentos constantes, altos custos operacionais, abastecimento de água instável	Implementação de sistema de medição; mapeamento do sistema; programa de detecção e conserto de vazamentos, entre outras	Redução de 59% na produção de água (entre 1994 e 1998); Em 1994, a parcela de água não contabilizada de 70% da produção, passando para 9% em 1994, o que representou uma redução de 87%.
Gilbert, Arizona	Crescimento da população nos anos 80 e clima árido	Inserção de requisitos nos códigos de edificações (uso de equipamentos economizadores e reúso de água), estrutura tarifária crescente, programa de monitoramento, educação pública e programa para irrigação com baixo consumo de água, entre outras	Sucesso devido ao reúso de água; Nova estação de tratamento de esgoto foi construída em 1986 e os tanques de recarga são utilizados como habitat para diversas espécies.
Goleta, Califórnia	Crescimento da cidade e possibilidade de escassez de água no futuro	Substituição dos equipamentos convencionais, incluindo instalação de bacias de volume de descarga reduzido e restritores de vazão em chuveiros; aumento das tarifas, entre outras	50% de redução no consumo residencial; 30% de redução no consumo de água do distrito; Postergação da ampliação da estação de tratamento.
Houston, Texas	Aumento de problemas no suprimento de água subterrânea em função dos deslizamentos de terra, intrusão de água salgada no sistema de abastecimento inundações	Programas educativos, substituição de equipamentos, realização de auditorias, detecção e conserto de vazamentos, estrutura tarifária crescente, entre outras	A partir dos resultados do projeto piloto prevê-se uma redução na demanda de água de 7,3% em 2.006, com uma economia de mais de US\$260 milhões.
Irvine Ranch Water District, Califórnia	Crescimento da população no final dos anos 80 e início dos 90 e aumento na demanda de água potável	Instituição de nova estrutura tarifária com 5 faixas, que recompensa o uso racional da água e penaliza onde a mesma está sendo desperdiçada, entre outras	Após 5 anos, com a nova estrutura tarifária, o consumo diminuiu em 19% Entre 1991 e 1997, houve uma economia de cerca de US\$33,2 milhões.
Massachusetts Water Resources Authority	Fornece água para 2,2 milhões de pessoas. De 1969 a 1988, ultrapassou em mais de 10% o consumo de 300 milhões de galões/dia	Detecção e correção de vazamentos, substituição de equipamentos, estabelecimento de programa de gerenciamento de água, programa de educação e melhoria na medição, entre outras	A redução da demanda de 336 para 256 milhões de galões/dia (1987 a 1997), permitiu postergar a expansão e diminuiu a necessidade de tratamento, resultando numa economia de US\$1,91 milhões de galões/dia.
Metropolitan Water District da Califórnia do Sul	Maior distribuidora de água em nível municipal dos Estados Unidos	Substituição e pesquisa de equipamentos eficientes, melhorias na irrigação, programas de treinamento e projetos de pesquisa relacionados à conservação, entre outras	Redução de 59 milhões de galões/dia.

Continua...

... Continuação

Local	O que gerou	O que foi executado	Os resultados
Cidade de Nova York	Aumento da demanda no início dos anos 90	Educação, medição, detecção de vazamentos, regulamentação do uso da água e programa de substituição em massa de bacias sanitárias, entre outras	Redução do consumo per capita de 195 galões/dia em 1991 para 167 galões/dia em 1998, o que gerou uma economia de 20 a 40% nas contas de água e esgoto.
Phoenix, Arizona	Grande aumento na população e baixa quantidade de chuva. A legislação estadual exige que depois de 2025 a água subterrânea não seja retirada mais rápido do que reposta	Reforma tarifária, implementação da conservação de água no setor residencial, comercial e industrial e implementação de sistema de irrigação eficiente, entre outras	Economia de 40 milhões de galões/dia; Redução no consumo de devido à alteração da tarifa.
Santa Monica, Califórnia	Crescimento da população; da escassez no suprimento de água e contaminação das fontes de suprimento, o que faz com que a cidade precisasse aumentar a compra de água	Pesquisa do uso da água, educação, implementação de uso racional na irrigação, substituição de bacias sanitárias, entre outras	Redução de 14% do uso da água e 21% no esgoto; Programa de substituição de bacias obteve uma redução de 1,9 milhões de galões/dia e uma economia de US\$9,5 milhões de 1990 a 1995.
Seattle, Washington	Crescimento da população, verão seco e falta de reservatórios com capacidades maiores forçaram a cidade a escolher entre reduzir o consumo e buscar novos recursos para água	Tarifa de água sazonal, códigos para equipamentos sanitários, redução de perdas incentivo para tecnologias economizadoras de água e educação pública	Consumo per capita de água reduziu 20% nos anos 90; Estrutura tarifária sazonal, códigos para equipamentos sanitários e melhoria na eficiência são os maiores responsáveis pelo sucesso; Estima-se que o programa de conservação no setor comercial economizará cerca de 8 milhões de galões/dia.
Tampa, Flórida	Rápido crescimento econômico e da população residencial; aumento da população sazonal geraram stress no suprimento de água da cidade	Substituição de equipamentos eficientes e estrutura tarifária crescente, restrições para irrigação, medidas para paisagismos e educação pública, entre outras	Programa irrigação gerou uma redução de 25% no consumo de água; O programa piloto obteve 15% de redução do uso da água; Apesar da população ter aumentado em 20% entre 1989 e 2001, o consumo per capita diminuiu em 26%.

Continua...

Local	O que gerou	O que foi executado	Os resultados
Wichita, Kansas	Analistas indicaram que a água poderia não ser suficiente e que algo deveria ser feito para a primeira década do séc. XXI.	Planejamento integrado do recurso que inclui: implementação da conservação de água, avaliação das fontes de água existentes, avaliação dos recursos hídricos não-convencionais, otimização de todos os recursos hídricos avaliados, entre outras	Análise das opções de recursos para a cidade resultam em uma ampla matriz com 27 opções de recursos convencionais e não-convencionais.
Barrie, Ontario	Crescimento da população forçou o sistema de água e esgoto da cidade, sendo necessário considerar novas opções de suprimento e desenvolvimento de infraestrutura	Plano de conservação focado na substituição de chuveiros convencionais por economizadores e instalação de bacias sanitárias eficientes	Economia de 55 litros (14,5 galões) por pessoa por dia; Economia estimada de 17 milhões de dólares canadenses.

Fonte: Adaptado de EPA (2007).

2.4 Programas de conservação da água

A escassez da água vem sendo ressaltada como um problema mundial que poderá comprometer gerações futuras. Neste contexto, cada vez mais a busca por alternativas de otimização do consumo de água, bem como minimização da geração de efluentes, com intuito de redução do impacto ambiental, são temas que constantemente lideram o ambiente intelectual. A implementação de ações de economia de água deve ser baseada em ações tecnológicas, institucionais e educacionais.

Um Programa de Conservação de Água (PCA), implantado de forma sistêmica, implica em otimizar o consumo de água, com a conseqüente redução do volume de efluentes gerados, por meio da otimização do uso e da utilização de fontes alternativas, considerando os diferentes níveis de potabilidade necessários, de acordo com um sistema de gestão apropriado.

Entre os programas que mais ganham destaque no sentido de conservação de água pode-se citar o Programa de Uso Racional da Água (PURA), desenvolvido em 1995 a 1997, numa parceria entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e o Instituto de Pesquisa tecnológica de São Paulo (SILVA; TAMAKI; GONÇALVES, 2002).

Em janeiro de 2007, completou 10 anos a Lei Federal 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Os instrumentos concebidos pela lei foram essenciais para assegurar o conhecimento sobre as águas brasileiras e sua efetiva gestão. Nos dez anos transcorridos desde sua promulgação registraram-se avanços significativos com a Política de Recursos Hídricos que deu um grande salto.

Reisdörfer (2007) afirma que os avanços podem ser observados na elaboração dos Planos de Recursos Hídricos em seus diferentes níveis, na disseminação dos Comitês de Bacia por todo o país; na regularização do uso dos recursos hídricos, realizada por meio do cadastro de usuários e da outorga nas bacias hidrográficas consideradas mais importantes; e na cobrança da água. A criação do ANA em 2000 impulsionou todo esse processo fortalecendo junto aos estados brasileiros o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

Araújo (2005) comenta que o Brasil tem instrumentos, mas é necessário perceber a água como elemento estratégico para a sobrevivência. Além da legislação é preciso ter presente que proteger as áreas de mananciais custa caro, mas custa mais caro ainda captar as águas distantes e poluídas. A poluição da água afeta de maneira adversa o meio ambiente, ameaça à saúde pública e reduz o fluxo de água disponível para o uso humano.

Luckow Filho et alii (2004) apresenta uma iniciativa da empresa AGCO do Brasil que desenvolveu um Programa Ambiental intitulado “Uso Racional da Água”, que visa a eliminação de desperdícios e busca de soluções alternativas nas diversas atividades que utilizam este recurso. Este programa compreende os seguintes projetos:

- a) Projeto uso da água de forma minimizada e eficiente – busca de alternativas racionais para minimizar o consumo da água;
- b) Projeto reúso da águas – melhoria no sistema referente à utilização da água do efluente industrial;
- c) Projeto práticas de aproveitamento da água – utilização da água da chuva no processo industrial;
- d) Projeto de sensibilização dos funcionários em relação ao uso racional da água e adoção de medidas de cunho educativo.

Com a aplicação destes projetos a empresa reduziu o consumo de água em diferentes setores da empresa, sempre buscando otimizar os processos, sobretudo

conscientizar os funcionários, fornecedores e prestadores de serviços, conforme a Política Ambiental da empresa, quanto ao uso racional desse recurso.

A redução do consumo anual de água, em m³, foi de 2.385, por meio de ações como instalação de torneiras automáticas, circuito fechado para teste de hidrantes, reaproveitamento do efluente para pista de *test drive* na lama, aproveitamento da água da chuva para tratamento superficial e para lavagem das colheitadeiras.

Os resultados do Programa voltado para a redução do consumo de água refletem no trabalho desenvolvido dentro da filosofia instituída pelo Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

2.5 Preservação da água

Conforme afirma Nogueira (2006) cerca de 97,5% da água existente no planeta está nos oceanos, 2,5% é doce sendo que deles, 2% estão nas geleiras, e apenas 0,5% está disponível nos corpos d'água da superfície, isto é, rios e lagos, sendo que a maior parte, ou seja, 95% está no subsolo, que é, portanto a grande "caixa d'água" de água doce da natureza.

O problema maior da falta/abundância de água está justamente na sua distribuição, ou seja, há partes da Terra realmente com falta crônica desse precioso líquido. O Brasil está muito bem neste aspecto, pois tem cerca de 12% de toda água doce existente na Terra, mas diz-se que sob o ponto de vista de utilização humana, a mesma está "mal distribuída" (NOGUEIRA, 2006).

O autor afirma que já se percebe que há, por parte dos governos e da sociedade civil, uma visão voltada para o tema escassez de água. Nesse contexto, torna-se imprescindível o uso racional da água. O destino da água em casa no Brasil, cerca de 200 litros diários, é: 27% consumo (cozinhar, beber água), 25% higiene (banho, escovar os dentes), 12% lavagem de roupa; 3% outros (lavagem de carro) e finalmente 33% descarga de banheiro, o que mostra que, tanto nas cidades como nas indústrias se existirem duas redes de água, reusando "água cinza" (que são as águas resultantes de lavagens e banho) para descarga de bacias sanitárias, pode-se economizar 1/3 de toda água.

Diante dessa realidade, busca-se alternativas para reuso da água e utilização de fontes alternativas de água, as quais, segundo Nogueira (2006) podem ser:

- a) **Membranas Filtrantes (Osmose Reversa):** A tecnologia de Membranas Filtrantes tem se desenvolvido técnica e comercialmente aceleradamente nos últimos anos, sendo que o custo fixo de instalações e de operação tem baixado muito ultimamente; há até quem prenuncie que se transformarão em breve em commodities. Existem muitas situações onde a dessalinização de água marinha, ou a simples e pura potabilização de esgoto é a única alternativa disponível. Cingapura, que compra água da Malásia, está tratando de convencer sua população a beber a *New water*, água de esgoto potabilizada, muito mais barata que a comprada de seu vizinho. O uso de esgoto potabilizado (água reciclada) para recarregar os reservatórios antes do tratamento para produzir água de beber é uma prática nos EUA há mais de 20 anos. E estudos não mostraram evidências de nenhum efeito adverso à saúde.
- b) **Aproveitamento de águas de chuva:** As águas de chuva são encaradas pela legislação brasileira hoje como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo onde, como "solvente universal", vai carreando todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar dando num rio que por sua vez vai acabar suprindo uma captação para tratamento de água potável. Claro que essa água sofreu um processo natural de diluição e autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, porém, nem sempre suficiente para realmente depurá-la. Sobre isso, uma pesquisa da Universidade da Malásia, deixou claro que após o início da chuva, somente as primeiras águas carregam ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos, sendo que normalmente pouco tempo após a mesma já adquire características de água para uso não potável, que pode ser coletada em reservatórios fechados. Em resumo, a água de chuva sofre uma destilação natural muito eficiente e gratuita. Esta utilização é especialmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias. O custo baixíssimo da água nas cidades, inviabiliza qualquer aproveitamento econômico da água de chuva para beber.
- c) **Recarga do Aquífero:** No campo ou mesmo nas indústrias uma alternativa muito boa é a recarga forçada do aquífero, pois cerca de 95% da água doce

do Planeta está estocada no subsolo, que tem sido a grande "caixa d'água" da natureza.

2.6 Poluição hídrica

Silveira (1990) encara a poluição hídrica sob duas dimensões: a ecológica e a sanitária. No aspecto ecológico, a preocupação é geral e centraliza-se nas alterações da qualidade da água que causam ruptura nos ecossistemas naturais. No aspecto sanitário, o interesse se restringe aos danos que a poluição hídrica causa direta ou indiretamente ao homem e a sua atividade.

As fontes principais da poluição hídrica são quatro: esgotos domésticos, despejos industriais, despejos da agropecuária e águas de escoamento superficial (SILVEIRA, 1990).

Magrini (1992) afirma que a poluição hídrica pode ser avaliada pelo fato de que existem mais de um bilhão de pessoas sem sistemas de esgotamento sanitário nos países do Terceiro Mundo. A associação entre a qualidade da água e saúde é estreita e direta. Daí a preocupação em prover o abastecimento de água tratada como prioridade acima do saneamento.

Galvão Filho (1995) explica que o controle da poluição hídrica é em geral mais barato e mais simples do que da poluição atmosférica. Muitos sistemas de tratamento são individuais, como cloração, filtração e fervura da água para beber e cozimento de alimentos; são simples e baratos. Porém, estes sistemas não recuperam nem modificam a qualidade das fontes hídricas na captação; apenas resolvem o problema da qualidade da água no destino.

Conforme Castro (2000) os sistemas coletivos de tratamento são mais dispendiosos e menos eficientes. O custo deve ser incorrido pela comunidade com recursos oriundos de impostos, taxas, etc, ou pelo externalizador, no caso da poluição hídrica industrial.

Segundo Fagá (1998) a poluição dos oceanos é um caso mais complexo. Como as águas oceânicas são de propriedade comum, ou seja, não pertencem a ninguém (as chamadas águas territoriais referem-se à região de controle do país), o controle sobre as fontes de poluição é imperfeito, quando não impossível. Os acidentes com derrame de petróleo são os mais conhecidos e prejudicam a fauna e a flora marítimas.

A legislação sobre o meio ambiente é tão variada quanto pouco eficaz no Brasil. Leis, decretos e normas em nível federal, estadual e municipal sobrepõem-se num cipoal de difícil explicação.

Contador (1997) explica que pela lei, a competência para legislar sobre águas é privativa da União, que estabelece o padrão de qualidade. Os estados são responsáveis pela aplicação das leis federais e pela promoção da classificação das águas. Em legislação, a preocupação ambiental não é recente no Brasil.

Desde 1934, com o Código de Águas, o governo tem lançado sucessivas medidas para controle do meio ambiente, cujos resultados até agora são extremamente modestos.

A Lei Federal 9.433/97 chamada Lei das Águas completou 10 anos. Ela instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o sistema nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Em 22 de março de 1992 a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu o Dia Mundial da Água, publicando um documento intitulado Declaração Universal dos Direitos da Água, onde, em seu Art. 2º pode-se ler: “A água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo o vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura” (ONU, 1992).

2.7 Conservação de água em edificações

Os estudos brasileiros voltados ao uso racional da água em edificações, basicamente constituem-se do diagnóstico do uso da água, o que envolve um levantamento com projetos dos sistemas prediais, levantamento cadastral e de vazamentos e avaliação do comportamento dos usuários. Somente a partir disso, podem ser efetuadas propostas de planos de intervenção, com a avaliação do impacto de redução no consumo de água obtido ou estimado com sua devida implementação.

O conceito de conservar água deve ser adotado tanto nas edificações já existentes, quanto em novas edificações. Nestas, o PCA deve ser incorporado ainda durante a fase de concepção, de forma a viabilizar ainda mais os investimentos e possibilidades de atuação a serem realizados.

Segundo Yamada (2001), uma ação importante dentro de um programa de uso racional da água é a setorização da medição a qual é abordada com maior ênfase em Tamaki (2003). Para Yamada (2001), com a medição individualizada a economia de água ocorre sem ação complementar, pois o usuário adquire maior consciência quando paga a conta de água em função do que realmente consome.

O processo de implantação de um programa de conservação de água, segundo Sautchúk e Marraccini (2005), passa por etapas distintas que podem ser compreendidas da seguinte forma:

Etapas I

- a) **Análise Técnica Preliminar:** Esta etapa consiste no levantamento de todos os dados e informações que envolvam o uso da água na edificação para aquisição de pleno conhecimento sobre a condição atual de utilização. Compreende o mapeamento dos usos da água na edificação, a partir da análise do sistema hidráulico, processos e usuários que utilizam água e dos índices históricos de consumo. A Avaliação Técnica Preliminar inicia-se com a análise dos documentos disponíveis como base para a avaliação da edificação.
- b) **Análise Documental:** Nesta etapa são levantados e analisados todos os documentos e informações disponíveis que possam auxiliar no entendimento da edificação sob a ótica do uso da água. A exemplo disto podem ser citados os Projetos de Sistemas Hidráulicos, histórico anual de contas de água /energia, especificação de equipamentos ou sistemas consumidores de água, entre outros.
- c) **Levantamento de campo:** O objetivo do levantamento é avaliar *in loco* os diversos usos da água para detalhamento e aferição dos dados já obtidos e pesquisa das demais informações necessárias. Devem ser avaliados os procedimentos que utilizam água, condições dos sistemas hidráulicos, perdas físicas, usos e usuários envolvidos.

São produtos desta etapa o histórico do consumo de água, macro-fluxos, micro-fluxos de água e plano de setorização do consumo de água, onde são definidos os setores da edificação que serão monitorados por meio da instalação de medidores.

Etapas II

- d) **Avaliação da demanda de água:** Nesta etapa é feita a identificação das diversas demandas para avaliação do consumo de água atual e das

intervenções necessárias para otimização do consumo e minimização de efluentes. São avaliadas perdas físicas, processos que utilizam água, equipamentos hidráulicos e pressão do sistema hidráulico.

- e) **Perdas físicas:** Nesta etapa devem ser levantados os materiais e componentes a serem substituídos, os pontos do sistema hidráulico a serem corrigidos, a expectativa de redução do consumo e os custos envolvidos. Devem ser realizados testes no sistema hidráulico para a detecção das perdas físicas invisíveis, inclusive com a utilização de equipamentos específicos para evitar intervenções destrutivas na edificação.
- f) **Adequação de processos:** Entende-se por adequação de processo o estabelecimento de procedimentos e rotinas específicas que garantam o uso apropriado da água para realização de atividades consumidoras, em quantidade e qualidade adequada à necessária, evitando-se desperdícios para a realização das mesmas. É importante que sejam detalhados procedimentos específicos para as atividades consumidoras, cujos conteúdos devem ser transmitidos aos usuários envolvidos nas atividades. Muitas vezes os ajustes para redução do desperdício são relativos aos aspectos comportamentais e não somente a adequações tecnológicas.
- g) **Adequação de Equipamentos e Componentes Hidráulicos:** Com relação à adequação de equipamentos hidráulicos, os mesmos devem ser especificados de acordo com a pressão de utilização e o tipo de uso e de usuário do ponto de consumo, devendo proporcionar conforto ao usuário e minimizar o consumo de água necessário.
- h) **Controle de Pressão do Sistema Hidráulico:** Deve ser avaliado se a pressão disponível no sistema hidráulico é apropriada à necessidade para adequado desempenho das atividades consumidoras e funcionamento dos equipamentos hidráulicos. O controle da pressão pode representar importante contribuição para a redução do consumo de água.
- i) **Níveis de Qualidade:** Dentre os dados obtidos na Etapa I foram relacionadas às características da água utilizada em cada atividade consumidora da unidade. Nesta etapa, tais características devem ser comparadas à qualidade efetivamente necessária para o bom desempenho da atividade, como base para subsidiar a Etapa III do Programa, Avaliação da Oferta de Água.

O resultado desta etapa é o comparativo quantitativo e qualitativo entre o consumo atual de água da edificação e o consumo otimizado a ser obtido. A partir da Avaliação da Demanda de Água obtém-se o diagnóstico das perdas e usos excessivos, bem como dos impactos gerados pelas ações tecnológicas possíveis para adequação dos usos e processos para otimização do consumo. Ao final desta Avaliação são obtidas as seguintes informações que caracterizam o uso atual da água na edificação:

- a) Distribuição do consumo de água;
- b) Geração atual de efluentes da edificação.

Com a avaliação da demanda é gerado um planejamento contemplando a adequação de componentes hidráulicos e processos que utilizam água, controle de vazão e pressão e minimização das perdas físicas. São geradas diferentes configurações de uso da água para a edificação, com possibilidade de aplicação de diferentes graus tecnológicos, de tal forma que o consumo de água seja otimizado. É possível então se determinar à expectativa de redução do consumo. Ainda nesta etapa são estimados os investimentos necessários e os períodos de retorno para cada uma das configurações concebidas.

Etapa III

- j) **Avaliação da Oferta de Água:** Uma vez caracterizada a demanda de água necessária para atendimento das atividades consumidoras da edificação em estudo devem ser avaliadas, qualitativa e quantitativamente, as possíveis fontes de abastecimento. O primeiro passo desta etapa é avaliar, dentre as fontes existentes, quais são as aplicáveis à edificação em estudo. Esta avaliação baseia-se na região onde está localizada a edificação e nos tipos de usos e de usuários. De uma maneira geral, as edificações podem ter seu abastecimento proveniente da rede pública ou das seguintes fontes alternativas:

- a) Captação direta de mananciais;
- b) Águas subterrâneas;
- c) Águas pluviais;
- d) Reúso de efluentes.

Para o abastecimento de água, um dos requisitos importantes na escolha de alternativas deve considerar não somente custos envolvidos na aquisição, mas também custos relativos à descontinuidade do fornecimento, custos de manutenção e operação, custos relativos à garantia da qualidade necessária a cada uso específico, resguardando a saúde dos usuários internos e externos.

O uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada, pela utilização inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados.

Salienta-se a importância da participação de um profissional especialista na avaliação do uso de fontes alternativas de água, além da implantação do Sistema de Gestão da Água para monitoramento permanente.

O abastecimento de água pode ser feito das seguintes formas:

- a) **Rede Pública:** Para avaliação do abastecimento de água a partir da rede pública é necessário verificar a tarifa cobrada, que varia de acordo com a tipologia da edificação. Além do fornecimento de água potável, já existem concessionárias que fornecem água de reúso, o qual deve ser considerado também como fonte alternativa de água pra usos específicos.
- b) **Reúso da Água:** O reaproveitamento ou reúso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não, as quais, de acordo com Universidade da Água (2006), podem se constituir das seguintes ações:
 - c) **Reúso indireto não planejado da água:** ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).
 - d) **Reúso indireto planejado da água:** ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas à jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reúso objetivado.
 - e) **Reúso direto planejado das águas:** ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local

do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

- f) Reciclagem de água:** é o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Essas tendem, assim, como fonte suplementar de abastecimento do uso original. Este é um caso particular do reúso direto planejado.

Na área urbana os usos potenciais do reúso da água são os seguintes: irrigação de quadras esportivas, faixas verdes decorativas ao longo de ruas e estradas, torres de resfriamento, parques e cemitérios, descarga em bacias sanitárias, lavagem de veículos, reserva de incêndio, recreação, construção civil (compactação do solo, controle de poeira, lavagem de agregados, produção de concreto), limpeza de tubulações, sistemas decorativos tais como espelhos d'água, chafarizes, fontes luminosas, etc. (CIRRA, 2006).

- g) Mananciais:** Para o uso de água captada diretamente de mananciais, o primeiro passo é a verificação da legislação a ser atendida, inclusive referente aos órgãos ambientais, para identificação da possibilidade ou não de captação, da classe do corpo d'água e da bacia hidrográfica onde este corpo d'água está inserido, entre outros. Uma vez constatada a permissão e condições de captação, deve ser emitida uma outorga para o uso, a partir da entidade fiscalizadora local.
- h) Águas Subterrâneas:** O uso de águas subterrâneas é regido por legislação específica. Para a perfuração de poços artesianos é necessário obter-se uma licença junto ao DRH – Departamento de Recursos Hídricos, além de solicitar uma Outorga de Direito de Uso, por geólogo habilitado junto ao CREA. Os cuidados relativos à captação, inclusive para não contaminar o subsolo, passam a ser de responsabilidade do usuário.
- i) Águas Pluviais:** Para a análise da possibilidade de aplicação de águas pluviais devem ser realizadas simulações de captação e reserva em função de séries históricas de dados pluviométricos médios mensais de Postos Pluviométricos da região onde se encontra a edificação. Para o desenvolvimento de um projeto de aproveitamento de águas pluviais, deve-se inicialmente, identificar demandas possíveis de serem supridas por tal volume. Em seguida, é calculada a área de coleta e dimensionado o volume do reservatório. Cabe ressaltar que ao reservar e utilizar águas pluviais, além de reduzir o consumo de água potável para diversos fins, a edificação

em questão não contribuirá com o sério problema das enchentes em muitas cidades.

Diante de tais colocações, entende-se que o uso racional da água parece ser uma das saídas para combater a escassez do produto.

Segundo Kose, Sakaue e Izuka (2004) o uso da água varia de acordo com o estilo de vida ou com os equipamentos domésticos. Os autores realizaram a aplicação de um questionário para avaliação da consciência ambiental e da consciência para a conservação, do uso da água e do uso de equipamentos, dos moradores de apartamentos com características semelhantes, no Japão. O questionário aplicado continha 39 itens de avaliação do uso da água e perguntas como “os dentes são enxaguados com copo de água?” e “plantas são cultivadas?”. Foram distribuídos 160 questionários. Os autores concluíram que a consciência para a conservação de água influencia a redução do consumo de água, a consciência ambiental não necessariamente se relaciona com a redução no consumo de água. Ações como o cultivo de plantas que aumentam o consumo de água, porém, são realizadas por pessoas com alta consciência ambiental.

2.8 O ambiente escolar

É de grande importância o ambiente escolar para a formação do cidadão e o planejamento de um programa de uso racional da água. Para isso, as campanhas de sensibilização tem como objetivo, informar as razões do uso racional da água.

Oliveira (1999) informa que campanhas devem ser realizadas de modo agradável, para que o usuário não se sinta obrigado a economizar água, e sim estimulado.

A preocupação com a formação da criança, tanto individual quanto coletivamente, comenta Loureiro (1998), se funde com a importância do edifício escolar, pois ele afirma que

para a formação de um indivíduo saudável socialmente, é necessário prover um ambiente saudável. Deste ponto de vista, o edifício escolar age como elemento indutor ao aprendizado, à medida que ele é capaz de transmitir símbolos, valores e conceitos. (LOUREIRO, 1998, p. 6).

Tomaz (2001) também concorda que o ambiente escolar é propício para a obtenção de economia de água. Ele sugere palestras e elaboração de panfletos explicativos para a distribuição nas escolas.

Lipp (2000) comenta que a escola, depois da família, é o primeiro ambiente socializado que acumula responsabilidades no que se refere a sua educação.

Neste mesmo sentido, Cardia et alii (1998) afirmam que a educação para a conservação deve ser iniciada nas escolas, para ir sensibilizando desde cedo as crianças.

Conforme Ornstein (1992) a configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a esse meio exercem grandes influências no aprendizado. A importância do edifício escolar se confunde com o próprio serviço escolar e o direito à educação.

Mas nota-se, que as políticas públicas, baseadas no conceito de produtividade, quantidade e visando diminuir os custos estabelecem projetos padronizados para os edifícios escolares, desrespeitando as especificidades regionais e comunitárias.

Loureiro (1998) comenta que esta produção em série, sem maiores reflexões sobre as expectativas da população usuária, verifica-se normalmente num desempenho insatisfatório das edificações. Além disso, ambientes que apresentam pouca qualidade físico espacial são objeto de vandalismo.

Porém, explica Barros (2004), as causas do vandalismo nas escolas são complexas, não sendo possível responsabilizar unicamente a qualidade do ambiente construído.

Leitão et alii (1998) avaliaram duas escolas estaduais em Porto Alegre, sendo que os critérios utilizados foram o grau de satisfação e o comportamento: 39% e 19% dos alunos consideraram insatisfatório o desempenho dos edifícios e pátios escolares; o índice dos professores foi de 76% e 75%.

Cheng e Hong (2004) comentam que a elevada quantidade de água utilizada nas escolas primárias pode ser devido a uso impróprio e perdas. Porém, um consumo baixo pode não ser condizente com os princípios de saúde e sanitário. Afirmam que um plano apropriado, para escolas primárias, para a utilização da água, poderia contribuir no orçamento do sistema de educação do país e promover a conservação do ambiente.

Scherer (2003) ressalta que a implementação de atividades educacionais e pedagógicas que envolvem temas relacionados à água deve ocupar lugar de destaque, devido ao grau de abrangência ser significativo junto à comunidade escolar, visto que as escolas colaboram na formação dos cidadãos e da sociedade.

2.9 A importância do conforto do edifício escolar

Segundo Pedroso et alii (2005), o Relatório das Nações Unidas revela que dois terços da humanidade estão condenados a passar sede antes de 2025, se não forem adotadas medidas urgentes de melhoria da proteção e administração dos recursos de água doce nas zonas rurais e urbanas.

Esse quadro tem levado atualmente à concepção de edificações sustentáveis no que se refere ao uso de água, com dispositivos e sistemas em que o uso desse insumo é racional. Por sua vez, considerando-se o estoque construído, ou seja, as edificações existentes, onde os sistemas prediais se encontram em operação, um conjunto de medidas, agrupadas sob a denominação de programas de uso racional de água têm sido desenvolvidas, sendo os resultados obtidos extremamente satisfatórios, com índices de redução superiores a 30% do consumo mensal de água, às custas de baixos investimentos, sendo os períodos de retorno, em geral, de poucos meses.

Percebe-se atualmente que os edifícios escolares vêm despertando o interesse dos pesquisadores brasileiros, principalmente quanto ao conforto ambiental térmico, luminoso, acústico e funcional.

A Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, lançou um projeto que teve como objetivo a avaliação do conforto ambiental, por meio da aplicação de questionários, medições e observações técnicas em 15 edifícios escolares da rede estadual de ensino.

Concluída a pesquisa e após apurados os resultados os mesmos revelaram que todas as escolas têm baixos níveis de qualidade e conforto.

Bertoli (2001) avaliou o estudo e concluiu que na maioria das escolas nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários foi detectada a falta de banheiros bem como a manutenção precária deste ambiente sanitário. E mais, foram observadas condições de desconforto acústico, térmico e deficiência de luz e ventilação naturais. A coleta das águas pluviais também apresentaram problemas.

Em sua tese de mestrado, sobre a incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na Região de Porto Alegre, Cremonini (1988) apresenta um levantamento sobre estas incidências. Destacou, no resultado, que os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, bem como a alta incidência de vazamentos nas tubulações, metais

sanitários quebrados foram os maiores responsáveis. O autor recomendou prevenções para as patologias no sistema de aparelhos sanitários, que poderão ser muito úteis:

Tabela 3 – Prevenções para patologias no sistema de aparelhos sanitários

Patologia	Causas Prováveis	Prevenção
Metais sanitários com vazamento	-Desgaste de elementos de vedação -Má qualidade	- Manutenção periódica; - Especificações de elementos apropriados e condições severas de fase de uso-fase de projeto
Metais sanitários quebrados	-Vandalismo -Má qualidade	- Especificações de elementos apropriados e condições severas de fase de uso-fase de Projeto
Metais sanitários roubados	-Vandalismo	- Prever fechamentos eficientes nos períodos fora da fase de uso-fase de projeto
Louças sanitárias soltas	-Vandalismo -Falha na colocação	-Prever meios que impeçam a manipulação das fixações, fase de projeto -Preenchimento da base com argamassa, nivelamento e colocação das fixações, fase de execução
Louças sanitárias quebradas	-Vandalismo -Má qualidade	-Prever fechamentos eficientes nos períodos fora de fase de uso-fase de projeto -Idem, louças soltas

Fonte: Adaptado de Cremonini (1988).

Uma avaliação pós-ocupação foi apresentada por Ornstein (1992) em escolas da rede estadual de São Paulo, e foi constatado que em mais de 50% delas, existia algum tipo de problema nos sistemas prediais, hidráulicos e sanitários. Além disso, as condições de segurança contra incêndios eram bastante precárias.

Nas escolas de Londrina, Paraná, foi realizada por Suzuki (2000) uma avaliação pós-ocupação em 63 escolas da rede estadual de ensino. Foi detectado que os banheiros são áreas suscetíveis a vandalismos e furtos, onde ocorrem danos nos chuveiros, válvulas e caixas de descarga, quebra e furto de torneiras, entupimento de bacias sanitárias.

A reposição das torneiras de lavatórios furtadas não mais é feita, sendo os alunos obrigados a utilizar torneira em locais fora dos banheiros, próximos à vigilância constante.

De maneira geral, nas edificações estudadas, verificou-se a existência de um número insuficiente de pontos para a instalação de bebedouros e de torneiras para manutenção e limpeza.

Araújo (2004) desenvolveu uma avaliação dos sistemas prediais hidráulicos em uma amostra de 83 escolas da rede municipal de Campinas-SP, o que representa 53% das unidades escolares construídas até setembro de 2001. A investigação constituiu no levantamento cadastral e de patologias dos sistemas prediais e aplicação de questionários aos usuários de sete tipologias de escolas da amostra selecionada.

A partir deste estudo Araújo (2004) destaca alguns aspectos:

- a) o valor médio do índice de patologias no estado de conservação dos componentes dos aparelhos/equipamentos, por tipologia, varia de 27 a 45%;
- b) os índices de patologias na condição de operação, por tipologia, vai de 25 a 38%;
- c) cerca de 17% dos cavaletes do hidrômetro apresentavam vazamento na haste do registro quando manuseado;
- d) cerca de 45% das torneiras apresentavam vazamento na haste quando abertas.

A possível causa são os materiais empregados de baixa qualidade e inadequados para uso intensivo resultando na elevada incidência de vazamentos e de patologias, e a falta de uma política de manutenção nas escolas.

A referida autora comenta que as compras do setor público são regidas pela política do menor preço, o que muitas vezes, resulta na aquisição de produtos que não atendem à normalização e apresentam qualidade abaixo da necessária.

Ywashima (2005) em trabalho realizado nas mesmas escolas verificou que, nos banheiros estão as maiores parcelas de consumo de água: 45% a 86% dependendo da tipologia da escola, a cozinha é o segundo maior ambiente consumidor de água, com 43% a 25% no ensino infantil e 10% no ensino fundamental e médio.

As escolas devem ter um plano de manutenção corretiva e preventiva, envolvendo equipes volantes e o incentivo à participação da comunidade local (associação de pais, direção, etc.).

Os resultados obtidos por Oliveira (1999), na aplicação do PURA na escola estadual de primeiro e segundo graus Fernão Dias Paes, localizada na cidade de São Paulo, teve como resultado um indicador de consumo no período histórico $ICH = 81,1$ l/aluno/dia, sendo que o indicador de consumo estimado era de 11,6 l/aluno/dia. Isso indicou um índice de desperdício de 85,6% do consumo total de água.

Após o diagnóstico resultante da aplicação do PURA, o plano de intervenção constituiu-se de duas ações:

- a) correção de vazamentos;

b) substituição de componentes convencionais por economizadores.

Os resultados obtidos foram:

Consumo diário por aluno no período histórico	81,1 l/aluno/dia
Consumo diário por aluno após a correção de vazamentos.....	45,5 l/aluno/dia
Impacto de redução consumo diário por aluno após a correção de vazamentos	94%
Consumo diário por aluno após a substituição de componentes convencionais por hidromecânicas.....	4, l/aluno/dia
Impacto de redução do consumo diário por aluno após a substituição de torneiras convencionais por hidromecânicas.....	8,9%
Impacto de redução total no sistema após a implementação do PURA	95%

Assim, o impacto de redução total do consumo de água verificado nas duas etapas do PURA foi de 95%, o que equivale a um valor de redução do consumo médio mensal de, aproximadamente, 4142 m³ em relação ao consumo médio mensal de água do período histórico.

Considerando que os custos para a implantação do PURA foi de R\$ 4.584,53 e a economia mensal de água de R\$ 37.477,04, o investimento efetuado teve um retorno em 4 dias.

Um estudo feito por Hazelton (2004) sobre o uso de água em escolas de Gauteng, Johannesburg, teve como objetivos analisar o uso da água por pessoa nas escolas selecionadas antes e depois da readequação, analisar consumo de água por usuário após a readequação diante os critérios selecionados incluindo número de usuários, proporção de alunos para educadores, local e nível escolar (primário ou secundário) e fazer recomendações breves no controle da água em escolas.

A motivação apresentada pelo autor para a realização do trabalho foi de que como as escolas representam um alto consumo de água é importante que os planejadores de novas escolas estudem onde elas estarão situadas para monitorar, avaliar e controlar o uso da água e que os educadores envolvam os alunos na conservação da água e projetos de controle da demanda.

A metodologia utilizada foi o levantamento básico de usuários, consumos, sistemas prediais, aparelhos sanitários, vazamentos e desenvolvimento de programas sociais para encorajar a mudança de comportamento, como treinar zeladores escolares para fazer pequenos reparos para um melhor uso da água.

Hazelton (2004) concluiu que o uso de água nas 43 escolas municipais em Gauteng, foi reduzido em média 40%, de 20 litros para 12 litros por pessoa por dia, por meio da implementação dos projetos. Não difere muito o consumo de água de uma escola para outra, de um local para outro ou de um nível para outro.

O referido autor faz recomendações para as autoridades dos serviços de água e para os projetistas de novas escolas, ao projetar serviços de infraestrutura de água para as escolas. Sugere também, módulos a serem incluídos no currículo escolar com aprendizagem de habilidades na vida escolar sobre a importância do uso, manutenção e não poluição da água.

2.10 Equipamentos economizadores de água

As principais ações para a redução do consumo consistem no conserto de vazamentos e instalação de tecnologias economizadoras.

A empresa Deca fez um estudo sobre o consumo de água na Escola Municipal Integração em Vinhedo, São Paulo e apresentou os dados obtidos no relatório final (DECA HYDRA, 2003).

Foram instalados equipamentos economizadores de água em dois banheiros da escola.

O banheiro feminino possuía cinco bacias sanitárias convencionais com válvula de descarga e 5 lavatórios individuais. O banheiro masculino possuía 5 bacias sanitárias convencionais com válvulas de descarga, 5 lavatórios individuais e 3 mictórios.

O consumo da escola era de 700m³/mês, com horário de funcionamento das 7 h às 23 horas de segunda a sexta-feira e 1.114 alunos.

O número de usos e volumes de água envolvidos foram resumidos conforme consta na tabela 4:

Tabela 4 – Número de usos e volumes de água

Pontos de utilização e ambientes	Nº total de usos	Volume (l)		
		Maiores	Menores	Média
Bacias de banheiros feminino	128	25,90	5,30	10,66
Bacias de banheiros masculino	177	70,90	2,20	11,35
Lavatório do banheiro feminino	141	9,90	0,30	1,70
Lavatório e mictório do banheiro masculino	Dados medidos por tempo de uso.			

Fonte: Deca Hydra (2003).

Foram instaladas as tecnologias economizadoras: torneiras de fechamento automático (hidromecânico) válvulas para mictório com fechamento automático (hidromecânico) e bacias com volume de descarga reduzido. Ao final das substituições, foi observada uma redução de 119.604,5 litros no consumo mensal de água.

A tabela 5 apresenta a parcela do consumo mensal da escola registrado nos banheiros monitorados antes e após a instalação das tecnologias economizadoras nos pontos de consumo de água dos dois banheiros considerados.

Tabela 5 – Consumo mensal da escola antes e depois da instalação de tecnologias economizadoras

Pontos de utilização	Parcela do consumo mensal			
	Configuração Inicial		Após instalação	
	L	%*	L	%*
Bacias do banheiro Masculino	5.477,0	0,78%	1.497,4	0,21%
Bacias do banheiro Feminino	3.721,6	0,53%	2.028,2	0,29%
Lavatório do banheiro feminino	655,9	0,10%	108,2	0,02%
Lavatório e mictório masculino	119.234,2	17,00%	177,4	0,03%
Participação dos banheiros da escola	129.088,7	18,45%	3.811,2	0,55%

Fonte: Deca Hydra (2003)

*Nota: considera-se o consumo de 700 m³/mês

Nota-se que a redução do consumo da água com a instalação desses equipamentos foi bastante significativa.

Segundo Ywashima (2005), nos resultados apresentados de sua dissertação de mestrado, vale ressaltar que alguns entrevistados nas escolas de ensino infantil, de Campinas-SP, indicaram que o uso de torneiras hidromecânicas nas escolas não seria adequado, pois, “a escola precisa educar as crianças e assim elas não vão aprender a fechar as torneiras”. Para que isso não aconteça, cuidados devem ser tomados com as campanhas neste sentido, para que o uso da água não seja negligenciado.

2.11 Metodologia para a implantação de Programa de Uso Racional de água – PURA em edifícios

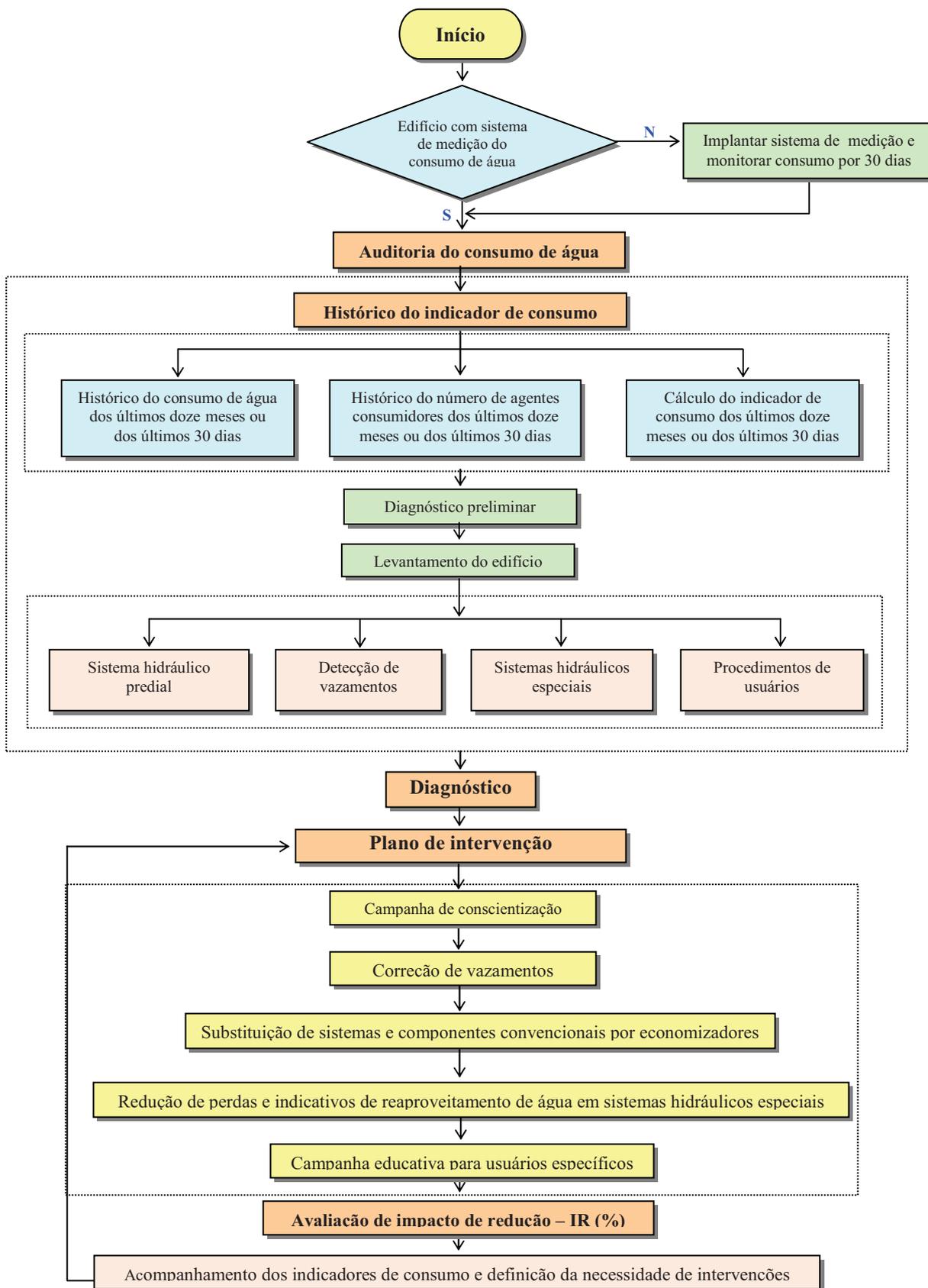
Segundo Oliveira (1999), o conhecimento do sistema hidráulico, do consumo de água no edifício, das atividades nele desenvolvidas e dos procedimentos dos usuários na

realização das atividades é fundamental para a implantação de um Programa de Uso Racional de Água – PURA.

A metodologia proposta sistematiza as intervenções a serem realizadas em um edifício de tal forma que as possíveis ações para a redução de consumo de água sejam resultantes de um conhecimento amplo do sistema e, dessa forma, garantindo os níveis mínimos desejáveis de uso e de desperdícios de água.

Considerando-se que as ações tecnológicas sejam as mais eficientes para o alcance desse objetivo, uma vez que dependem menos da disposição do usuário em alterar procedimentos relacionados ao uso da água, esta metodologia é estruturada basicamente com o apoio dessas ações. No entanto, reconhecendo a importância da participação do usuário quando se deseja reduzir o consumo de água em um sistema, são contempladas diretrizes para conscientizar e preparar os usuários para o exercício de suas atividades utilizando somente a quantidade necessária e indispensável de água.

A metodologia é estruturada em quatro etapas, conforme fluxograma na figura 1.



Fonte: Oliveira (1999).

Figura 1 – Estrutura da metodologia para a implantação do PURA em edifícios

- a) **auditoria do consumo de água** – é a etapa que permite o conhecimento da utilização da água no sistema por meio de planejamento adequado para a realização de levantamento documental, das características físicas e funcionais do edifício e, em particular, do sistema hidráulico e das solicitações dos usuários ao sistema;
- b) **diagnóstico** – é a síntese organizada das informações, obtidas na auditoria do consumo de água, que identifica as condições de operação, os problemas e pontos frágeis do sistema de forma quantitativa e qualitativa, tornando-se assim, ferramenta indispensável para o planejamento de ações compatíveis com as condições de operação do sistema.
- c) **plano de intervenção** – é o conjunto de ações, definidas em função do diagnóstico e das condições técnico-econômicas, com o objetivo de reduzir usos e desperdícios de água no sistema predial, sem contudo diminuir o nível de conforto e de higiene e, principalmente, colocar em risco a saúde do usuário, por meio do menor volume de água a ser utilizado no sistema;
- d) **avaliação do impacto de redução do consumo** – consiste em verificar o efeito de cada uma das ações implementadas no sistema, a partir da monitoração diária, semanal ou mensal do volume de água medido, cujo valor é confrontado com o volume médio medido no período anterior à implementação do PURA, considerando-se a influência de variáveis e eventos nos dois períodos.

Após a conclusão dessas quatro etapas, recomenda-se a continuidade da monitoração do consumo de água do sistema como forma de detectar e controlar desperdícios – perdas e usos excessivos – tão logo eles se manifestarem e, desta forma, corrigi-los no menor tempo possível.

2.12 Metodologia para a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais

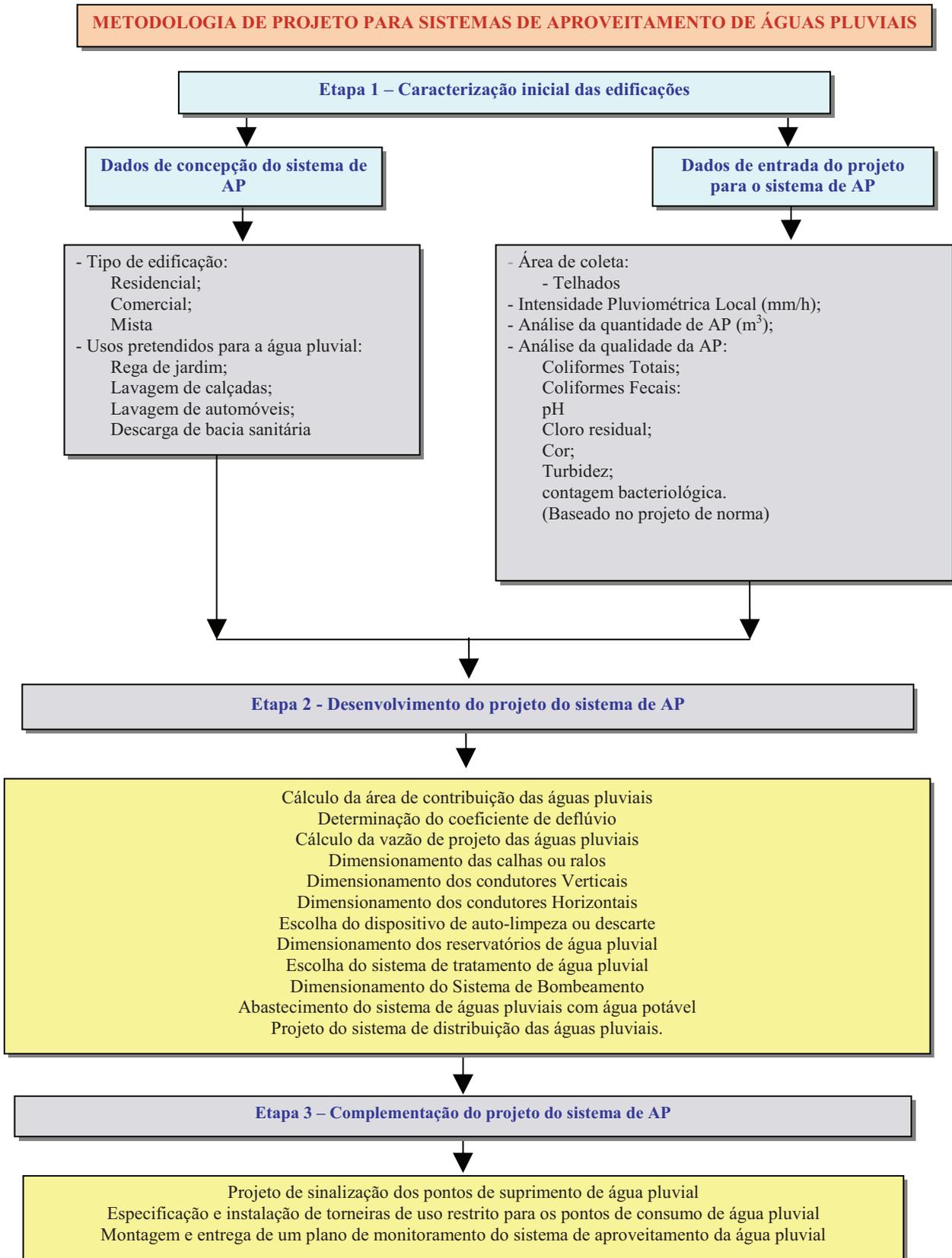
Segundo Roggia (2006), o reúso da água e o aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis têm sido cada vez mais discutidos.

O aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável é uma medida utilizada em vários países há anos. A chuva é uma fonte de água facilmente disponível a qualquer pessoa, sendo assim, não se deve continuar a jogá-la integralmente na rede de drenagem. No entanto, é necessário que ocorra uma preocupação com a implantação dos sistemas de águas pluviais, pois muitas vezes o sistema pode ser implantado sem o devido cuidado com a qualidade da água, podendo vir a acarretar problemas com a saúde pública da população.

Roggia (2006) propõe uma metodologia de implantação para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de forma a garantir que os sistemas não sejam implantados de forma inadequada o que pode comprometer a sua credibilidade e a saúde de seus usuários.

Para tanto, realizou um estudo de diversos métodos e tecnologias de captação e aproveitamento de águas pluviais, os quais foram validados por meio da análise de três tipologias. Com base nesses estudos de referência, Roggia (2006) propôs uma metodologia que servirá para aplicação em novos casos.

A metodologia proposta é estruturada em etapas, como mostra o fluxograma da figura 2.



Fonte: Adaptado de Roggia (2006).

Figura 2 – Estrutura da metodologia de projetos para sistemas de aproveitamento de águas pluviais

1) Etapa 1 – Caracterização inicial das edificações – é a etapa que permite o conhecimento do tipo da edificação e dos usos propostos para a água pluvial, além da definição dos dados de entrada de projeto como área de telhado, intensidade pluviométrica da cidade em questão, dados quantitativos e qualitativos da água de chuva.

Alguns parâmetros devem ser levados em consideração do momento da utilização de águas pluviais. A partir destes parâmetros é que se poderá estipular o tipo de filtro e tratamento da água pluvial que será utilizada. A seguir estão expostos alguns destes parâmetros.

Devem ser coletadas águas pluviais da amostra escolhida para posterior análise em laboratório, visando a possibilidade de utilização. As análises físico-químicas e microbiológicas devem ser realizadas em laboratórios credenciados e confiáveis, contemplam os seguintes parâmetros:

- a) DQO (Demanda Química de Oxigênio);
- b) DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio);
- c) Sólidos Totais;
- d) pH (Potencial de Hidrogênio);
- e) Nitrato;
- f) Ferro;
- g) Contagem de Bactérias Heterotróficas;
- h) Coliformes Fecais e Totais

» Análises físicas da água – parâmetros analisados

As características físicas estão relacionadas, principalmente, com o aspecto estético da água.

- a) **Sólidos Totais:** a matéria sólida do efluente é definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103° C. Se este resíduo é calcinado a 600° C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza, compõe assim, representativamente, a matéria sólida volátil, ou seja, sólidos voláteis e a matéria fixa.

» Análises químicas da água – parâmetros analisados

Do ponto de vista sanitário, as características químicas das águas são de grande importância, pois a presença de alguns elementos ou compostos químicos pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento e exigir tratamentos específicos. Entre as características químicas, merecem ser destacadas as apresentadas a seguir:

- a) **pH:** o pH é utilizado universalmente para expressar o caráter ácido ou alcalino de uma solução. O parâmetro pH mede a concentração do íon hidrogênio, podendo ser analisado colorimetricamente ou eletrometricamente. Com a análise do potencial hidrogeniônico da água é possível verificar a ocorrência de corrosividade quando o pH é baixo ou incrustações nas tubulações do sistema de distribuição com pH alto. O Ministério da Saúde, portaria nº 1469 de 29 de Dezembro de 2000, artigo 16º recomenda que para padrão de aceitação para consumo humano, o pH da água esteja entre 6,0 e 9,5. Para o CONAMA, na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o pH da água deve estar entre 6,0 e 9,0, para as classes I, II, III e IV.
- b) **Ferro:** o ferro confere a água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado. Segundo o CONAMA, na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro do ferro é 0,3 mg/L, para a classe I e II, e 5,0 mg/L para a classe III. E para o Ministério da Saúde, portaria nº 1469 de 29 de Dezembro de 2000, artigo 16º, o valor máximo permitido para o parâmetro ferro é 0,3 mg/L, para padrão de aceitação para consumo humano.
- c) **Chumbo:** Segundo o CONAMA, na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro do chumbo é 0,01 mg/L para classe I e II e 0,033 mg/L para classe III.
- d) **Demanda química de oxigênio (DQO) e Demanda bioquímica de oxigênio (DBO):** a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica, ou seja, a DBO é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária, em um meio aquático, à respiração de microrganismos aeróbios, para consumirem a matéria orgânica introduzida na forma de esgotos ou de outros resíduos orgânicos. O ensaio, realizado em laboratório e observado por um período de

5 dias numa temperatura de incubação de 20° C é freqüentemente referido como DBO 5,20. A demanda bioquímica de oxigênio deve ser 10mg/L. Segundo o CONAMA, na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro da DBO é até 3 mg/L para classe I, até 5 mg/L para classe II e até 10 mg/L para classe III.

- e) **Nitrato:** as águas naturais, em geral, contêm nitratos em solução e, principalmente águas que recebem esgotos, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados, tais como: compostos orgânicos, amônia e nitritos. Em geral a presença destes representa a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água. Por essa razão constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes. Segundo o CONAMA, na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro do nitrato é 10,0 mg/L, para as classes I, II e III. Para o Ministério da Saúde, o parâmetro nitrato também deve ser ≤ 10 mg/L.

» Análises bacteriológicas da água – parâmetros analisados

As características biológicas das águas são determinadas por meio de exames bacteriológicos e hidrológicos. O exame hidrobiológico visa identificar e quantificar as espécies de organismos presentes na água. Em geral, esses organismos são microscópicos e comumente são denominados plânctons, destacando-se as algas, bactérias e larvas de insetos.

O exame bacteriológico corresponde à avaliação da presença de coliformes totais ou fecais. Ao serem detectados nas águas destinadas ao consumo humano, devem ser tomados cuidados especiais com a escolha da tecnologia de tratamento, por haver relação íntima entre turbidez e número de coliformes nos efluentes de filtros rápidos. Em geral, quanto menor a turbidez da água filtrada, menor o número de coliformes, o que contribui para melhorar a eficiência da desinfecção.

Os microrganismos aquáticos desenvolvem, na água, suas atividades biológicas de nutrição, respiração, excreção etc., provocando modificações de caráter químico e ecológico no próprio ambiente aquático.

Entre as características bacteriológicas, merecem ser destacadas:

a) Coliformes Fecais: Segundo o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), na resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000, art 1º, coliformes fecais (termotolerantes) são bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais, caracterizadas pela presença de enzima - galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 a temperatura de 44-45 °C em meios conteúdo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas ou de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica. A contagem de coliformes fecais (colônia) serve para determinar:

- a) avaliação e controle da qualidade bacteriológica de águas potáveis;
- b) avaliação e controle de águas tratadas;
- c) avaliação e controle de qualidade de mananciais e corpos d'água;
- d) avaliação e controle das condições higiênicas de sistemas industriais.

Segundo o CONAMA, na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro dos coliformes fecais é 200 para classe I, de 1000 para classe II e 2500 para classe III.

b) Coliformes Totais: o grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas, já os índices de coliformes fecais são empregados como indicador de contaminação fecal, avaliando as condições higiênic-sanitárias deficientes, sendo que a população deste grupo é constituída de uma alta proporção de *E. Coli (Escherichia coli)*.

Existe a norma da ABNT NBR 15527/07 para aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, válida a partir de 24 de outubro de 2007, resume-se em normas para, a concepção do sistema de aproveitamento de água da chuva, calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento, e manutenção.

Define os métodos para cálculo de dimensionamento dos reservatórios entre eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e Método prático australiano.

Além de trazer os parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis no ponto de uso, devem atender os parâmetros do quadro 1:

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro Residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 UT, para usos menos restritivos < 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

Fonte: Norma ABNT NBR 15527 24 de outubro de 2007.

Quadro 1 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

2) Etapa 2 – Dimensionamento do sistema de AP – nesta etapa realizam-se os cálculos necessários para a implantação do sistema, como área de contribuição, vazão, calhas, condutores horizontais e verticais, dispositivo e descarte, reservatório, bombeamento. É o dimensionamento do sistema.

3) Etapa 3 - Complementação do projeto do sistema de AP – é o conjunto de ações a serem realizadas após o dimensionamento do sistema, como a sinalização e especificação dos pontos de consumo de água pluvial, juntamente com a realização do plano de monitoramento do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

2.13 Estudos de implantação de aproveitamento de águas pluviais

Gonçalves (2006) apresenta uma pesquisa realizada por meio do PROSAB em Vitória, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Parque Experimental do Núcleo Água, localizado no Campus Universitário de Goiabeira em Vitória (ES), que teve como objetivos caracterizar a água de chuva em pontos distintos do processo de captação, estudar os processos de tratamentos objetivando o seu uso para fins não potáveis, quantificar o índice pluviométrico da região de Vitória por um período de um ano e estudar modelos de dimensionamento de cisternas visando otimizar a relação entre a disponibilidade da água de chuva e a demanda pela mesma.

O sistema investigado capta a água de chuva do telhado do prédio com telha metálica, duas águas, dotado de calhas em PVC, diâmetro de 125 mm e tubulação de queda

em PVC com diâmetro de 88 mm. Após construíram um sistema de tratamento simplificado e armazenamento da água de chuva. A chuva captada pelo telhado chegava às calhas e era direcionada, por meio de condutores verticais e horizontais, a um filtro de tela auto-limpante, responsável pela remoção dos materiais grosseiros, como folhas e pequenos galhos. Em seguida, a água chegava ao reservatório de eliminação de primeira chuva, no qual a chuva mais poluída era armazenada, seguindo para o reservatório de armazenamento final. Antes de chegar ao reservatório final, a água passava ainda por um medidor de vazão eletromagnético e em seguida por uma tela de nylon localizada na entrada do reservatório final, para remoção de partículas menores.

Observou-se um aumento nos valores de pH e de alcalinidade na água da chuva após passar pela superfície de captação, ou seja, após passar pelo telhado. O pH médio da chuva da atmosfera que era de 6,1 foi para 6,8 após passar pelo telhado. Com relação à alcalinidade, valores médios de 1,8 mg/L da chuva da atmosfera passaram para 18,5 mg/L na chuva do telhado, esse aumento se deve às características do material depositado sobre o telhado durante o período de estiagem, carregado no momento da chuva.

Também foi detectado o mesmo comportamento em relação ao pH na chuva em São Paulo, as amostras da chuva da atmosfera apresentaram pH médio de 4,9 e as amostras de chuva coletadas do telhado apresentaram uma variação de pH de 5,8 a 7,6, essa variação foi causada pela presença de limo e bactérias na água que passa pelo telhado e pela composição dos materiais da edificação.

Nesta mesma pesquisa, foi analisado a água da chuva após a eliminação da primeira chuva, também denominada de auto limpeza, foram coletadas amostra em dois pontos, sendo eles no reservatório de eliminação da primeira água de chuva e na superfície do reservatório de armazenamento final. Como resultado mostrou-se a primeira chuva ser a mais poluída, apresentando valor máximo de turbidez de até 70 UNT, por meio da eliminação da primeira água de chuva é de melhor qualidade, apresentando valor máximo de turbidez de 1,2 UNT, após eliminar 0,5 mm de primeira chuva.

No tocante aos resultados da cor também se observou melhora na água de chuva do reservatório, após a eliminação da primeira água mais poluída.

Concluiu-se que, promovendo um tratamento simplificado da água da chuva, composto pela retenção de folhas e eliminação de, pelo menos, 1,0 mm de chuva, a água da chuva que é direcionada ao reservatório, ou seja, a água da chuva que será efetivamente utilizada como fonte alternativa, apresenta qualidade compatível para ser utilizada para fins

não potáveis, tornando-se apropriada para usos importantes como a lavagem de carros, pisos e calçadas, irrigação de jardins e descargas dos vasos sanitários.

Segundo Carlon (2005), a empresa chilena Masisa, maior produtora latino-americana de painéis de madeira, investiu cerca de R\$ 1,3 milhões em um projeto que reutiliza a água da chuva na sua fábrica brasileira, localizada em Ponta Grossa-PR. O programa possibilita o aproveitamento da água em processos como geração de vapor, diluição de resinas e limpeza de madeiras usadas no processo de produção. Com a implantação deste sistema procura-se reduzir de forma considerável a captação nos três poços artesianos utilizados pela fábrica. A intenção é a manutenção de apenas um poço artesiano para suprir o consumo humano. O programa consiste na armazenagem da água de chuva, mais abundante nos meses de janeiro, fevereiro e setembro, em duas lagoas. Esta água depois é bombeada para uma estação de tratamento onde passa pelos tanques de pós-sedimentação e cloração, de onde então sai pronta para ser usada na produção.

A construtora Plaenge, em Cuiabá, contratou uma empresa especializada para elaborar um sistema de aproveitamento de água de chuva para a irrigação de jardins e limpeza no piso térreo das edificações. Este sistema foi implantado no edifício Clarice Lispector, lançado no início de 2003. O sistema consiste em captar as águas pluviais do telhado do edifício, transportar por condutores até um reservatório localizado no subsolo, passando por filtros para retirar as impurezas sólidas. Neste reservatório há uma bomba que leva a água para a rede de torneiras utilizadas para a irrigação dos jardins e para a lavagem de pisos das áreas comuns do prédio. Segundo o engenheiro responsável pela obra, o sistema de captação pode gerar uma economia de 50 mil litros por mês, podendo variar em função dos índices de precipitação. A água coletada é utilizada no período de seca, quando o consumo é maior (ESTAÇÃO VIDA, 2003 apud CARLON, 2005).

Outro caso citado por Carlon (2005), é de uma empresa de couro, no município de Maracanaú-CE que com o uso de tecnologias limpas está economizando cerca de 30% da água consumida por meio da implantação de sistemas de reutilização e aproveitamento de água de chuva (figura 3). A água de refrigeração das máquinas é levada para uma cisterna para ser reutilizada no processo de produção. Nesta mesma cisterna é armazenada a água de chuva captada que também será utilizada na produção. Este projeto foi desenvolvido com a parceria do Núcleo de Tecnologias Limpas do Ceará. São utilizados de dois a três mil metros cúbicos de água de chuva por mês, quando o consumo total é de seis a sete mil metros cúbicos de água bruta, gerando uma economia de 30%, segundo o gerente de produção da empresa.



Fonte: CARLON (2005).

Figura 3 – Reservatório de 1.500 m³ que armazena água de chuva juntamente com a água de refrigeração para reúso

A rede Accor Hotéis também implantou no Hotel Íbis Paulínia, em São Paulo, um sistema de captação de água da chuva, que faz parte do Projeto Ecológico do plano de gestão ambiental da rede. O aproveitamento da água de chuva é efetuado paralelamente ao reúso da água de chuveiros e lavatórios nas descargas dos vasos sanitários das unidades habitacionais, depois de passar por um tratamento de purificação. Calcula-se que o investimento para a reutilização das águas seja pago em um ano (HOTELNEWS, 2002 apud CARLON, 2005). O Hotel Íbis, de Blumenau-SC, também está instalado um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva. A área de captação fica localizada praticamente na mesma linha do reservatório, localizado sob o telhado, fazendo com que não haja necessidade de recalcar a água de baixo para cima. A capacidade de armazenagem é de 8.000 litros de água de chuva. Segundo os responsáveis pela obra não se tem dados exatos da economia que o sistema representa, mas calcula-se que certamente os gastos com a implantação do sistema poderão ser recuperados no primeiro ano de operação.

A Tecksid do Brasil, empresa de fundição do grupo Fiat, inaugurou em 2001 uma estação de tratamento de águas pluviais, juntamente com outra de efluentes líquidos. O projeto faz parte da estratégia da empresa para tornar-se auto-suficiente em água de utilização industrial (VALOR ECONÔMICO, 2001 apud CARLON, 2005).

ROGGIA (2006) cita o exemplo do Condomínio Victoria Falls, em São Paulo, que utiliza água pluvial para lavagem de pisos e irrigação de jardim, tendo um consumo médio de 32m³/mês ou 384m³/ano. A área de captação da água pluvial é de 450 m². O reservatório tem volume de 36 m³ e localiza-se no subsolo, como mostra a figura 4. A economia no condomínio é de aproximadamente 80% do consumo de água.

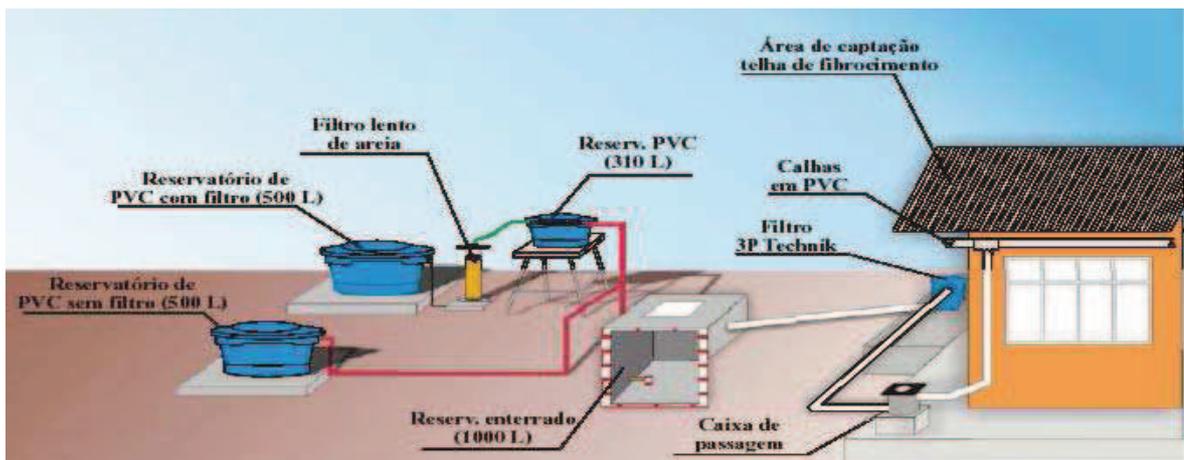


Fonte: ROGGIA (2006).

Figura 4 – Condomínio Victoria Falls e reservatório no subsolo

Segundo Roggia (2006), alguns trabalhos relacionados a águas pluviais estão sendo desenvolvidos no Brasil, como o De Paula e Oliveira (2005) e De Paula (2005), que tiveram como objetivos analisar a qualidade da água da chuva captada e armazenada, pelo período de cinco meses, sendo que a água captada na estação chuvosa será utilizada na estação seca. Outro objetivo foi definir por meio da qualidade da água coletada após um período de armazenamento, quais os tipos de usos mais recomendados e, por fim, verificar a viabilidade de utilização de água da chuva na cidade de Goiânia, que chove de novembro a março e tem estiagem de abril a outubro.

O sistema de aproveitamento de água de chuva, construído no Laboratório de Sistemas Prediais da Escola de Engenharia Civil/UFG é apresentado na Figura 5.



Fonte: ROGGIA (2006).

Figura 5 – Esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva

O sistema possui uma área de captação ou de coleta de, aproximadamente, 100 m². A água da chuva é coletada por meio de calhas de PVC, e conduzidas por condutores verticais a caixas de passagem de água pluvial, também de PVC. Em seguida, a água de

chuva é destinada a um filtro de partículas grosseiras, conhecido no mercado como 3P Technik, realizando um gradeamento. Desta forma, procede a primeira etapa de armazenagem em um reservatório de alvenaria de tijolo comum, revestimento de argamassa e sistema de impermeabilização, chamado de reservatório enterrado.

No reservatório foi instalado um sistema de recalque que conduz a água armazenada para três outros reservatórios. O primeiro é um reservatório de 500 litros, onde a água é armazenada sem passar por nenhuma etapa intermediária ou tratamento, denominado de reservatório de PVC sem filtro. Já os outros dois reservatórios constituem uma pequena estação de tratamento, neste caso a filtração lenta. A água de chuva bombeada, foi inicialmente, armazenada em um reservatório de 310 litros, que serve para manter o nível mínimo de 5 cm de água sobre o leito filtrante. A água filtrada foi novamente armazenada, desta vez em um reservatório de PVC de 500 litros, denominado reservatório de PVC com filtro.

Neste trabalho foram analisados: a amônia, nitrito, nitrato, turbidez, cor, coliformes fecais e bactérias. A conclusão deste trabalho foi a eficiência de um tratamento simples.

A análise dos parâmetros ao longo das 37 semanas, que foi o tempo de detenção, índice que os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos não sofreram alterações que pudessem descartar o uso da água da chuva.

Por outro lado, comparando a qualidade da água exigida para uso em piscinas e confecção de concretos, que era a intenção de utilização de água pluvial do trabalho, concluiu-se que a água de chuva pode ser destinada, sem problemas, para estes fins. Contudo, mesmo para fins não potáveis, sugere-se a desinfecção da água de chuva por meio de cloração sempre que no uso final essa água tenha contato com o usuário.

Segundo De Paula (2005), para o dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, o método de Rippl não garante um dimensionamento preciso, visto pela variação do volume do reservatório.

Contudo, o valor encontrado utilizando as precipitações pluviométricas diárias, confere maior confiabilidade, por se tratar de um intervalo menor de tempo. Mediante este fato, é importante que juntamente com o método de Rippl sejam estudados outros métodos de dimensionamento mais criteriosos antes da definição das dimensões dos reservatórios.

Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos da água de chuva, avaliada em função do tempo de detenção, do sistema de aproveitamento de água de chuva construído no LSP/EEC, de um modo geral, não sofreram variações sensíveis ao longo do período de avaliação de 37 semanas. Estes resultados validam o aproveitamento de água de

chuva coletada naquele local em diversas atividades. Dentre os parâmetros analisados pode-se destacar:

1. Parâmetros físicos:

- a) **Turbidez** – confirmou a limpidez da água de chuva ao longo do período de detenção todos os pontos de coleta, a partir da 26ª semana, se mantiveram nos padrões estabelecidos pela Portaria no 518 do MS e CONAMA no 20;
- b) **Cor** – a variação que o valor da cor apresenta é insignificante se tratando do aspecto visual, o que levou a descartar este tipo de ensaio como forma de avaliação. Sugere-se, que o ensaio da cor por comparação do disco de cores seja reavaliado;
- c) **Condutividade elétrica** – apresentou maiores resultados no reservatório enterrado, podendo ser explicado pela presença de íons de cálcio, presentes no sistema de impermeabilização e no revestimento interno de argamassa, e pela presença de matéria orgânica.

2. Parâmetros químicos:

- d) **pH** – sofreu pequenas variações ao longo do tempo de detenção nos reservatórios de PVC com filtro e PVC sem filtro, mas nada que pudesse influenciar no uso da água de chuva. Por outro lado, sua variação dentro do reservatório enterrado foi o principal motivo para deterioração do primeiro sistema impermeabilização aplicado;
- e) **Dureza** – este parâmetro para os sistemas hidrossanitários prediais é muito preocupante, pois causa incrustações em tubulações e louças sanitárias, danificando todo o sistema. Todavia, o que pode ser verificado neste estudo é que a dureza, para a água de chuva analisada, não é um fator que possa causar eventual falha no sistema.

3. Parâmetros bacteriológicos:

- f) **Coliformes fecais** – não apresentou elevadas concentrações em nenhum dos pontos de coleta, porém reduziu aproximadamente 54% com a aplicação do

filtro lento de areia, comparando o reservatório enterrado e o reservatório de PVC com filtro;

- g) **Coliformes totais** – este parâmetro, mesmo com a desinfecção, é muito difícil de ser eliminado, como pode ser visto por sua presença na água potável.

Verificou-se a eficiência do filtro lento de areia na qualidade da água, melhorando algumas propriedades como, por exemplo, a alcalinidade total e, principalmente, a presença de coliformes fecais.

De Paula (2005) recomenda que, ao adotar o sistema de aproveitamento de água pluvial, seja aplicado em conjunto um sistema de tratamento, mediante uma avaliação prévia da qualidade da água de chuva local. No caso do sistema construído no Laboratório de Sistemas Prediais/UFG, a aplicação do filtro lento de areia foi o suficiente para melhorar as condições da água, podendo utilizá-la, sem prejuízos à saúde humana, para a descarga em bacias sanitárias, lavagem de roupas, irrigação de áreas verdes.

Em São Paulo, na empresa Santa Brígida, cuja garagem abriga mais de 500 ônibus, toda a água de chuva que cai sobre os 9 mil metros quadrados da área coberta é captada por canaletas e direcionada para uma rede de piscinões subterrâneos, com capacidade para 150 mil litros cada um. Esta água é aproveitada para a lavagem de pisos, peças e veículos, sem receber nenhum tratamento. Segundo o gerente de manutenção da empresa, a empresa faz cerca de 700 lavagens de ônibus diariamente. Cada operação usa, em média, 400 litros de água, o que significa um consumo diário de 280 mil litros só para a limpeza dos ônibus. Durante a estação das chuvas, a demanda é suprida quase completamente pela água de chuva captada (ESCOBAR, 2002 apud CARLON, 2005).

A unidade de Santo Amaro do Serviço Social do Comércio (SESC), em São Paulo, inaugurada em março de 2002, também possui infra-estrutura para a captação de água de chuva do telhado, que é aproveitada para a irrigação de jardins e lavagem de pisos. Na unidade de Santarén esta água é usada ainda para abastecer 20 bacias sanitárias por meio de um reservatório no térreo. O mesmo poderia ser feito nos banheiros dos pisos superiores, mas isso significaria mais gastos com equipamentos e energia. Nos meses mais chuvosos a economia pode chegar a 10 mil litros/mês. O investimento, segundo o gerente adjunto de engenharia do SESC, não passou de R\$ 1.500 gastos na cisterna de concreto, com capacidade para 24 mil litros. O único tratamento aplicado à água é a separação do material sólido (ESCOBAR, 2002 apud CARLON, 2005).

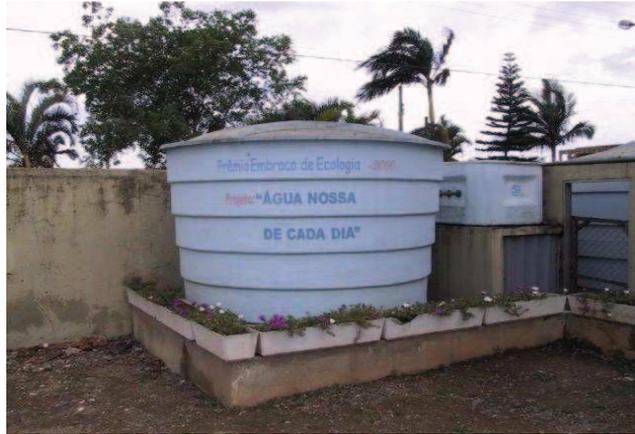
Também em São Paulo está a Escola Viva, localizada na Vila Olímpia, zona sul da capital e que atende crianças da Educação Infantil ao Ensino Fundamental. Desde 2000, esta instituição colocou em prática os princípios ambientais que ensina aos alunos e inaugurou o primeiro prédio ecológico do Brasil. Situado no Itaim, o edifício foi construído de maneira que os recursos naturais fossem aproveitados sem causar impacto ambiental. Um dos pontos do projeto da escola é o telhado com um grande coletor de água da chuva, que é armazenada (KERR, 2003 apud CARLON, 2005). A água de chuva, depois de passar por um pequeno tratamento é usada nas descargas dos banheiros, na lavagem do pátio e para regar o jardim. A obra foi destaque nacional, conquistou o Prêmio Máster Imobiliário de 2001 e foi desenvolvido em processos ecológicos auto-sustentáveis.

Em Curitiba-PR, pode-se observar o exemplo das lojas da rede varejista americana *Wall Mart Store*. As lojas da rede são construídas com sistemas de retenção da água de chuva que é captada em toda a área do prédio e do estacionamento, com o principal objetivo de evitar alagamentos e enchentes (RANGEL, 2001 apud CARLON, 2005).

Em Santa Catarina, na cidade de Concórdia, foi firmado em março de 2002, um acordo entre a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para a implantação de um projeto piloto de captação de água da chuva que está sendo realizado nos municípios de Seara, Xavantina e Ipumirim. Esta região sofre pela contaminação do lençol freático devido à criação intensiva de suínos.

A Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) está desenvolvendo um projeto de aproveitamento de água de chuva. Há previsão de que o gasto de água no prédio seja reduzido em 30% e o retorno do investimento aconteça em 32 meses, a partir do início do funcionamento do sistema (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2002 apud CARLON, 2005).

Carlton (2005) cita o caso da Escola Municipal José Antônio Navarro Linz, localizada no Bairro Comasa, em Joinville-SC, que possui um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva implantado e em funcionamento desde 2000, quando recebeu o Prêmio Embraco de Ecologia pelo desenvolvimento do projeto “Água Nossa de Cada Dia” (Figura 6).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 6 – Caixa d'água utilizada como reservatório para a água de chuva

O sistema consiste basicamente na coleta da água de chuva de uma seção do telhado das instalações onde ficam as salas de aula e sanitários. A coleta é feita por meio de calhas de PVC (Figura 7).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 7 – Área de captação e calhas coletoras e Tubos que conduzem a água do telhado para o reservatório de decantação

A água coletada é direcionada inicialmente para uma caixa elevada de amianto de 500L onde o material particulado passa por um processo natural de decantação (Figura 8).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 8 – Aspecto interno do reservatório de decantação e tubos de saída para a caixa d'água

Desta caixa, a água passa, por meio de tubos de menor diâmetro que captam somente a água da superfície, para uma outra caixa apoiada sobre o solo com capacidade para 10.000L onde é armazenada (Figura 9).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 9 – Tubos que conduzem a água do reservatório de decantação para a caixa d'água

Por meio de bombeamento a água de chuva armazenada é levada até uma caixa de 1000L, localizada sobre as instalações dos sanitários (Figura 10).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 10 – Saída da caixa d’água para a bomba elétrica e bomba elétrica que conduz a água da cisterna para a caixa elevada sobre os sanitários

Todo o sistema de água de chuva é isolado da rede de água canalizada da CASAN para não haver risco de contaminação. A água de chuva é aproveitada na instituição exclusivamente para a descarga de bacias sanitárias. O controle da qualidade da água é feito pela adição ocasional de cloro, na forma de hipoclorito.

O responsável pelo projeto declarou não ter dados estatísticos referentes à economia de água na instituição, mas afirma que a implantação do sistema é vantajosa uma vez que, durante o período letivo, o consumo de água nas bacias sanitárias é o mais significativo na Escola.

Um dos pontos enfatizados no projeto desenvolvido pela escola é a conscientização dos alunos sobre a importância da preservação dos recursos naturais, em especial a água, a partir do desenvolvimento de práticas de educação ambiental pelos professores.

Paralelamente à implantação do projeto foi realizada uma campanha de conscientização dos estudantes sobre a importância da água para a vida e da possibilidade de se buscar fontes alternativas deste recurso pelo aproveitamento da água de chuva. Como resultado desta campanha vários painéis foram pintados nas paredes da escola pelos alunos ilustrando a importância da utilização da água de chuva (Figura 11).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 11 – Painéis pintados nas paredes da escola pelos alunos envolvidos no programa de educação ambiental

Carlton (2005) cita o caso do Iate Clube Phoenix no Bairro Iririú, em Joinville-SC, que está localizado em uma região de manguezais, possui o sistema de captação e aproveitamento da água de chuva implantado e em funcionamento há aproximadamente dois anos. O sistema constitui-se de uma cisterna enterrada de 15.000 L para armazenar a água coletada de uma das seções do telhado do prédio onde são abrigadas as embarcações do Iate (Figura 12).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 12 – Área de captação: telhado sobre o abrigo das embarcações

Foram instaladas mais duas caixas de 10.000 L, para a armazenagem da água coletada de outra seção de telhado, que faz parte da área social do Clube (Figura 13).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 13 – Área de captação e uma das cisternas de 10.000L adicionais e tubulação de descida das calhas coletoras para a cisterna

A coleta é feita por calhas de PVC. Estas caixas são apoiadas sobre o solo e abastecem a cisterna, por gravidade (Figura 14).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 14 – Tubulação de saída da água armazenada para uso e reabastecimento da cisterna enterrada

A água de chuva armazenada é utilizada para a lavação das embarcações utilizadas pelos sócios do Clube, bem como para a limpeza das redes de pesca e outros utensílios. Segundo o Presidente do Phoenix Iate Clube, a água permanece no interior da cisterna com qualidade adequada para o uso a que está destinada, uma vez que o uso é constante. Eventualmente é feito um tratamento à base de cloro (Figura 15).



Fonte: CARLON (2005).

Figura 15 – Tubulação que conduz a água das calhas coletoras para cisterna e tampa da cisterna enterrada

Nos meses onde há maior ocorrência de chuvas, a despesa com a conta de água canalizada se limita à taxa mínima, cobrada pela CASAN. No inverno, quando as chuvas ocorrem com menos frequência, as despesas com a conta de água canalizada aumentam significativamente.

Outro caso citado por Carlon (2005), de aproveitamento de água de chuva em Joinville é o Edifício Rio Tamisa, localizado no bairro América e que está em fase final de construção (Figura 16).



Fonte: CARLON (2005)

Figura 16 – Projeto da fachada do Ed. Rio Tamisa

O prédio utiliza como área de captação a metade da sua área total de telhado, que equivale aproximadamente a 300m². A água coletada desce por uma tubulação não aparente e é conduzida para duas cisternas de 1000L, por gravidade (Figura 17).



Fonte: CARLON (2005)

Figura 17 – Colunas onde estão embutidas as tubulações de descida da água de chuva coletada do telhado

Estas cisternas estão localizadas sobre a garagem do prédio e a água será utilizada exclusivamente para a limpeza do pátio. A água coletada passa por um filtro antes de entrar nas cisternas (Figura 18).



Fonte: CARLON (2005)

Figura 18 – Filtro instalado antes da entrada de uma das cisternas de 1000L

O excesso de água armazenada na cisterna é direcionado para o telhado da construção que serve como garagem do prédio (Figura 19).



Fonte: CARLON (2005)

Figura 19 – Tubulação para direcionar o excesso de água para o telhado da garagem do prédio.

Segundo a Eng^a responsável pela obra, ainda não se tem idéia da economia de água obtida pela implantação do sistema, porque não foram realizadas previsões da quantidade de água que poderá ser coletada e do consumo necessário para a manutenção do prédio.

Werneck (2006) realizou um estudo de aproveitamento de água de chuva no Colégio Comercial Cândido Mendes (CCCM), um colégio particular que atende a 850 alunos, sendo 500 no turno da manhã e 350 à tarde, distribuídos entre maternal e pré-vestibular. Conta com 85 funcionários, incluindo os professores. Localizado junto ao encontro do Rio Pirai com o Rio Paraíba do Sul, no Estado do Rio de Janeiro, em um terreno de 1.956,64 m², o colégio se distribui em 2 edificações de 2 e 3 andares e 1 quadra polivalente coberta, com aproximadamente 1.832 m² de área construída, além de pátios e jardins. O somatório das áreas de cobertura é de 1.284,68 m².

Foi dimensionado o sistema de aproveitamento da água da chuva, em função do consumo de água realizado mensalmente pela escola, e estimar o quanto desse consumo poderá ser de água da chuva. Para uma estimativa fiel, deveria se proceder à caracterização do consumo de água na edificação por meio da identificação das parcelas correspondentes a cada um dos equipamentos. Tal trabalho não é tarefa pequena nem tampouco rápida. Para fins de estudo de viabilidade, adota-se tabelas existentes, desenvolvidas em pesquisas anteriores, onde se aponte o fracionamento do consumo de água.

Porém, Werneck (2006), concluiu que todo estudo tem por objetivo apontar a viabilidade ou não da implantação de técnicas, da aquisição de produtos ou da realização de benfeitorias nos projetos em estudo. Para o Colégio Cândido Mendes, há viabilidade financeira ao armazenar 20 m³ em reservatórios de fibra de vidro e utilizar equipamentos

redutores de consumo, o que já permite uma redução de 60% no consumo de água tratada. O aproveitamento da água da chuva, como única forma de se reduzir o consumo de água e os gastos que dele decorrem, não é financeiramente viável. E buscar a autonomia do sistema de abastecimento de água em função somente da captação das águas pluviais levará a gastos estratosféricos que dificilmente encontrarão compensação ou retorno financeiro.

Ao considerar outros aspectos da implantação destes sistemas no colégio, podem ser identificadas outras vantagens. Uma destas seria a redução do volume de água de chuva direcionado para os coletores públicos, principalmente nas horas iniciais do temporal.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi realizada no município de Erechim, RS, distante 360 km da cidade de Porto Alegre, situado no norte do Rio Grande do Sul, na Região do Alto Uruguai, sobre a Cordilheira da Serra Geral. Tem como limites ao Norte os municípios de Aratiba e Três Arroios, ao Sul Getúlio Vargas e Erebangó, a Leste Gaurama e Áurea e a Oeste os municípios de Paulo Bento e Barão de Cotegipe (Figura 20).



Figura 20 – Mapa do Brasil e Mapa do Rio Grande do Sul, em destaque a localização da cidade de Erechim

O nome “Erechim” de origem tupi-guarani significa “Campo Pequeno”, provavelmente porque os campos eram cercados por florestas (PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM, 2006). Erechim tem 431 Km², uma população estimada de 98.288 habitantes (IBGE, 2006). O clima é subtropical, apresentando as quatro estações bem definidas (primavera, verão, outono e inverno), com temperatura média anual de 18,7° sendo a máxima 39° e mínima -5°, e com chuvas irregulares chegando à precipitação pluviométrica de 1.827mm ano (Fonte: Fepagro, 2008).

O planejamento viário de Erechim foi inspirado em conceitos urbanísticos usados nos traçados de Washington (1791) e Paris (1850), caracterizando-se por ruas muito largas, forte hierarquização e criação, a partir de ruas diagonais ao xadrez básico e de pontos de convergência, sendo esta cidade planejada e projetada pelo engenheiro Carlos Torres Gonçalves (Figuras 21 e 22).



Figura 21 – Foto Aérea da Praça da Bandeira, centro de Erechim, no ano de 1940



Figura 22 – Foto Aérea da Praça da Bandeira, centro de Erechim, ano 2006

A população pesquisada foi a Rede Municipal de Ensino do Município de Erechim-RS. Fazem parte da Rede Municipal 13 escolas de educação infantil e ensino fundamental, sendo sete de educação infantil e 6 seis de ensino fundamental.

3.2 Desenvolvimento da pesquisa

A seqüência de desenvolvimento desta pesquisa pode ser visualizada no fluxograma da figura 23.

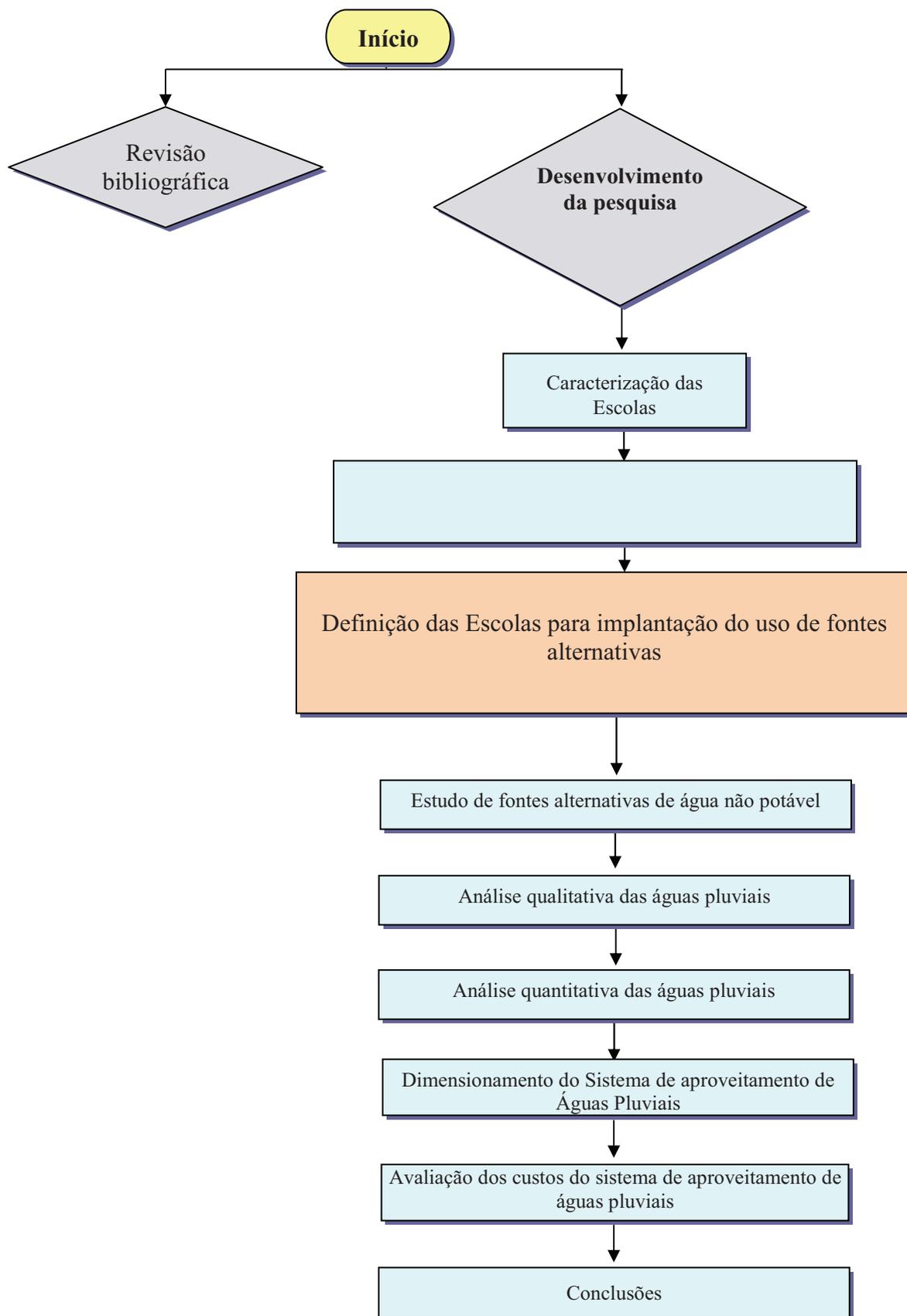


Figura 23 – Fluxograma da metodologia da pesquisa

3.3 Levantamento de dados da pesquisa

O levantamento dos dados foi realizado a partir de visitas a Secretaria de Educação da Prefeitura Municipal e se obteve, por meio das pessoas responsáveis, os dados para o levantamento cadastral e in loco.

Foram levantados os dados estatísticos referentes ao ano de 2006, a partir do Censo Escolar 2006.

A população foi dividida em dois grupos, em função da modalidade de ensino, conforme classificação abaixo:

- a) EMEF – Escola Municipal de Ensino Fundamental;
- b) EMEI – Escola Municipal de Educação Infantil.

Cabe lembrar que faz parte da Rede Municipal de Escolas de Erechim a Escola de Belas Artes Osvaldo Engel, no entanto a mesma não será incluída neste trabalho tendo em vista que somente serão analisadas as Escolas de Educação Infantil e Ensino Fundamental Municipais, e esta escola trata-se de Oficinas de Arte, música, dança, pinturas, entre outras atividades.

Para a avaliação dos projetos arquitetônicos das escolas, foi realizada uma reunião com o Engenheiro Civil Responsável pelo setor, ele informou da não existência de projetos de todas as escolas da rede municipal, os mesmos serão desenhados conforme construção existente.

O Engenheiro disponibilizou a ajuda necessária para a execução dos trabalhos e, colocou a disposição os projetos existentes. Foi realizado um levantamento técnico da parte dos projetos das escolas existentes nos arquivos da Secretaria.

Foram encontrados, em média, 50% dos projetos arquitetônicos das escolas impressos, e 30% digitalizados, os 20% faltantes não tinham projeto, verificou-se após análise que se tratava de escolas mais antigas e prédios alugados.

A análise técnica dos projetos arquitetônicos e conferência in loco para comprovar se as construções existentes estavam de acordo com os projetos ou com alterações, foi efetuada com o auxílio de dois estagiários e um desenhista técnico, além de um Engenheiro Civil.

Para esta etapa foram agendadas visitas por meio de ligações telefônicas com a direção de cada escola, sendo estas vistorias realizadas entre março e maio de 2007.

Em cada escola foram desenhadas as construções existentes que não possuíam projetos, além de analisados os projetos impressos.

Nesta primeira visita foram analisados e demarcados em projeto a existência e a localização do hidrômetro e dos reservatórios d água, a conferência dos projetos e a marcação dos pontos de consumo de água existentes em toda a escola. Esta visita foi acompanhada pela diretora ou pessoa indicada. Nesta etapa já se pode ter uma visão geral das condições das escolas relacionadas ao uso da água.

3.4 Indicadores para o Diagnóstico preliminar do consumo de água

A realização do diagnóstico preliminar compreendeu o desenvolvimento das seguintes etapas.

3.4.1 Auditoria do consumo de água

A realização da auditoria do consumo de água possibilita um melhor conhecimento dos valores de consumo diário e do consumo por agente consumidor.

Esta etapa é imprescindível quando se deseja avaliar o impacto de redução do consumo de água em função das ações implementadas, uma vez que os dados levantados serão referências para avaliação. Dessa forma, propõe-se que a auditoria do consumo de água seja realizada em duas etapas:

- a) levantamento do histórico do indicador de consumo de água;
- b) levantamento do edifício.

3.4.2 Histórico do indicador de consumo de água

Denomina-se **indicador de consumo** – IC, a relação entre o volume de água consumido em um determinado período e o número de agentes consumidores desse mesmo período.

Esta etapa da auditoria de consumo de água requer o levantamento dos seguintes dados:

- a) histórico do consumo de água – consumos mensais dos últimos doze meses para os edifícios com sistema de medição, ou consumos diários dos últimos trinta dias para os edifícios que não possuíam esse sistema até o início do PURA;
- b) histórico do número de agentes consumidores – número de agentes consumidores para o mesmo período do histórico do consumo de água.

O estabelecimento do período de doze meses para a formação do histórico deve-se ao fato da probabilidade do consumo de água variar em função das diferentes estações do ano, ou seja, verificação da existência de sazonalidade. Esses dados possibilitam a elaboração do histórico do indicador de consumo de água de um sistema, cujos conceitos e passos necessários para tal são apresentados a seguir.

3.4.3 Histórico do consumo de água

O histórico do consumo de água constitui-se do levantamento dos valores de consumos mensais de água, relativos aos últimos doze meses, para os edifícios com sistema de medição antes do PURA, ou dos consumos diários dos últimos trinta dias, para os edifícios que receberam sistema de medição após o PURA.

Tais valores são obtidos da administração ou do proprietário do edifício, conforme a tipologia em estudo ou podem ser solicitados à companhia de saneamento básico que presta serviços ao município onde está localizado o edifício ou, ainda, adquiridos a partir de leituras diárias do hidrômetro.

Ressalta-se que para a obtenção desses dados, a partir de uma companhia de saneamento básico, é necessário o fornecimento do número do hidrômetro ou do número

da conta e do endereço completo do edifício no qual está sendo implantado o PURA. Caso o edifício tenha mais de um hidrômetro, obter o consumo total, ou seja, referente à soma dos consumos de todos os hidrômetros.

A partir dos valores de consumo mensal de água, obtidos das contas dos últimos doze meses, calcular o consumo médio diário de cada mês, dividindo-se o consumo mensal pelo número de dias de medição, indicados na conta, uma vez que estes variam em função do intervalo entre leituras do hidrômetro, geralmente de 27 a 33 dias.

$$Cm = \frac{CM}{D} \quad [1]$$

Onde

Cm = Consumo médio diário

CM = Consumo mensal

D = Número de dias de medição do mês

No trabalho em questão a realização do levantamento do consumo de água foi por meio da avaliação das contas da concessionária local, obtidas na da Secretaria da Educação e da Concessionária de água – CORSAN, no escritório de Erechim – RS.

A população considerada é composta de todas as escolas da Rede Municipal de Erechim, em atividade durante o período de execução deste trabalho, são 13 unidades, dados obtidos a partir de pesquisa na Secretaria da Educação Municipal, os quais foram confirmados a partir de pesquisa na concessionária local - CORSAN.

Cabe salientar que a Escola de Ensino Fundamental Dom Pedro II possui um Ginásio Esportivo e que existe medição separada para a água, tendo em vista que a população que utiliza o Ginásio é a mesma da escola, os consumos de água do Ginásio foram somados aos da Escola para fins de cálculo de índice de consumo.

Com o levantamento dos valores de consumos mensais de água, relativo aos meses de janeiro a dezembro de 2006, se procurou saber o número de dias de medição de água referente a cada mês do ano de 2006, que foram fornecidos pela concessionária. A quantidade de dias de medição não é igual em todos os meses devido a fatores como, medições realizadas em dias diferentes, como por exemplo sexta ou segunda – feira, sendo que a Corsan não realiza medições nos finais de semana, e porque os meses do ano, não têm a mesma quantidade de dias.

3.4.4 Histórico do número de agentes consumidores

No caso de uma escola têm-se como agentes consumidores os elementos do conjunto populacional – professores, alunos e funcionários. Em geral, a variável consumidora de água mais representativa para uma escola convencional é o aluno, portanto o agente consumidor. No entanto, para uma escola especial com o número de professores tão grande quanto o número de alunos, os agentes consumidores devem ser a população total, ou seja, alunos, professores e funcionários.

Dessa forma, o agente consumidor deve ser definido em função da tipologia e das atividades desenvolvidas no edifício.

Considerando-se que para várias tipologias de edifício os agentes consumidores são representados pela população, deve-se observar a existência de dois tipos de população: fixa e flutuante. Denomina-se **população fixa** aquela que é usuária do sistema com frequência e permanência contínua, portanto sem a consideração dos usuários que estão de férias ou afastados. Entende-se por **população flutuante** aquela que utiliza o sistema eventualmente, sem frequência ou horários fixos.

O histórico do número de agentes consumidores é, geralmente, obtido da área responsável pelo controle populacional do edifício: recursos humanos, estatística, administração de condomínio ou outra, conforme a tipologia do edifício. Os valores obtidos devem ser relativos ao período equivalente ao histórico do consumo de água. É indispensável o cadastro do número de agentes consumidores, não só durante a realização da auditoria, mas também, durante a implementação das ações do plano de intervenção.

Neste trabalho, nas Escolas analisadas a população mais expressiva é a de alunos, o número de alunos representa 90,50% da população fixa total, no trabalho em questão os agentes consumidores foram a população fixa de alunos, sendo considerado 20% a mais das séries de 4^a a 8^a, devido ao PROETI (Programa de Educação em Tempo Integral). Os alunos da creche não serão considerados sendo inexpressivo o consumo de água relativo à idade de 0 a 3 anos, sendo que as crianças não tomam banho na escola. Segundo informações da Secretaria de Educação, não há variação anual do número de alunos, pois as escolas operam com capacidade máxima.

A população flutuante é inexpressiva, sendo nesse caso representada por usuários externos, que utilizam as escolas para alguns concursos públicos que ocorrem esporadicamente ou anualmente e outras atividades esporádicas.

3.4.5 Cálculo do indicador de consumo de água

O período de atividades utilizado no cálculo do indicador de consumo varia em função da tipologia do edifício. Assim, no caso de edifícios hospitalares e de edifícios residenciais o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estão em atividade permanente. No entanto, no cálculo do indicador de consumo onde há interrupção de atividades em finais de semana e feriados e também em períodos de férias, tais como para edifícios escolares e de escritórios, devem ser feitas considerações específicas, ou seja, o período do consumo é, em geral, maior que o período de atividades. Dessa forma, o valor do indicador de consumo é obtido por meio da equação 2:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água no período}}{\text{n}^\circ \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad [2]$$

3.4.6 Diagnóstico preliminar do consumo de água

Para a realização de um diagnóstico preliminar do sistema, o qual possibilita a previsão de um impacto de consumo de água, recomenda-se estimar o valor de consumo mensal de água por meio das equações 3 e 4, a seguir referentes a Escolas de 1º e 2º graus e Creche:

- a) Escola de 1º e 2º graus

$$Cme = 0,05 AC + 0,1 NV + 0,7 NF + 20 \quad [3]$$

- b) Creche

$$Cme = 3,8 NF + 10 \quad [4]$$

onde:

Cme = consumo mensal estimado de água, m³;

AC = área construída, m²;

NV = número de vagas;

NF = número de funcionários;

Tais equações determinam o consumo mensal estimado de água para algumas tipologias de edifício. Obtendo-se este valor, dividi-lo pelo número total de agentes consumidores, mês a mês, do período histórico considerado e determinar o **indicador de consumo estimado – ICe**, por meio da média aritmética desses valores. Em seguida, comparar ICe com o **indicador de consumo do período histórico – ICh**. Caso o valor do primeiro seja muito menor do que o valor do segundo há um forte indício de desperdício no sistema, quer seja por vazamento, procedimentos inadequados dos usuários ou por mau desempenho do sistema ou, ainda, pelo conjunto dos fatores apresentados.

A partir do valor médio do indicador de consumo de água no período histórico: ICh do valor do indicador de consumo estimado: ICe, pode-se diagnosticar a existência de desperdício no sistema determinando-se o **desperdício diário estimado – DDe** e o **índice de desperdício estimado – IDE**, por meio das equações 5 e 6, conforme um dos casos:

Fórmula 5 – Desperdício diário estimado no grupo 1

$$DDe = \frac{ICh2 - ICh1}{ICh2} \times 100(\%) \quad [5]$$

Fórmula 6 – Índice de desperdício estimado no grupo 2

$$IDe = \frac{ICh2 - ICe}{ICh2} \times 100(\%) \quad [6]$$

Fórmula 7 – Índice de desperdício estimado

$$IDe = \frac{ICh - ICe}{ICh} \times 100(\%) \quad [7]$$

onde:

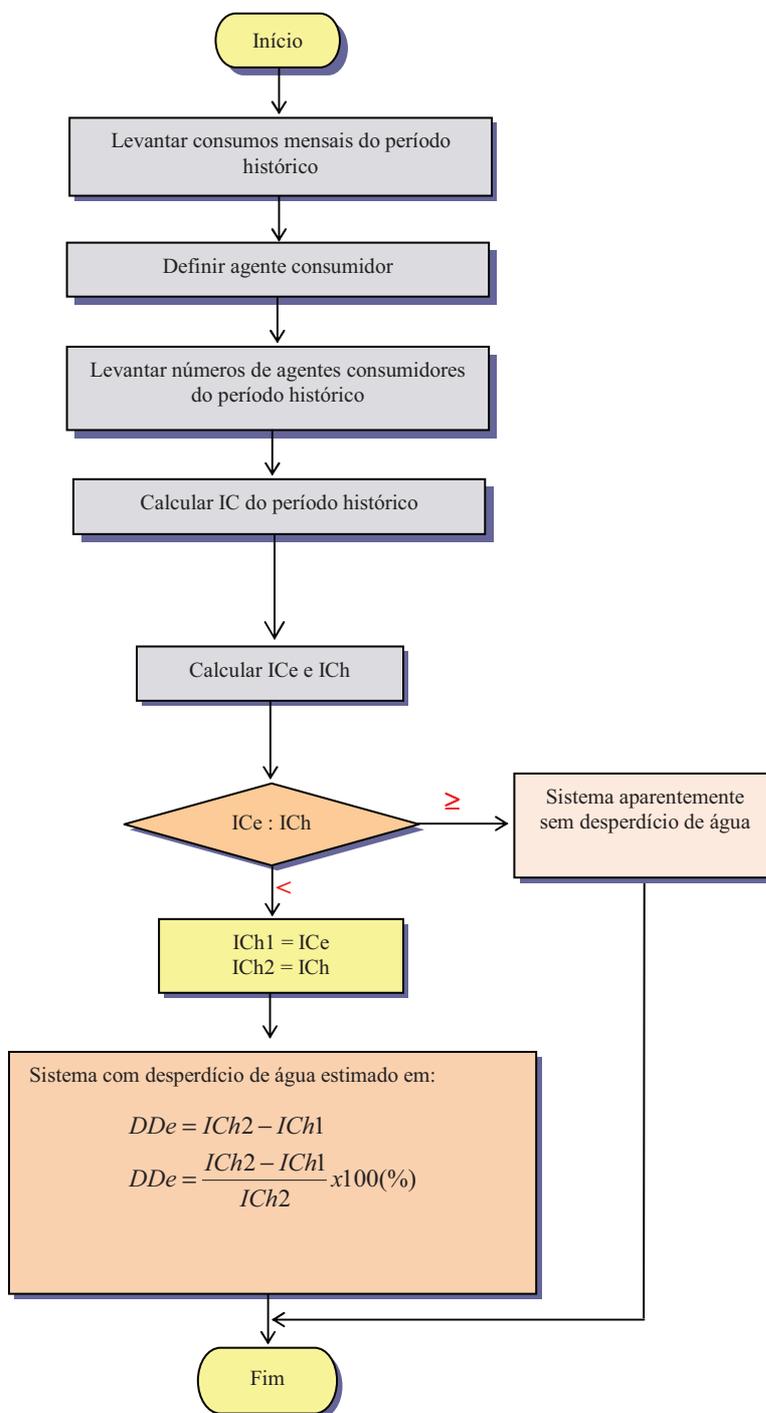
DDe = desperdício diário estimado;

IDe = índice de desperdício estimado;

ICe = indicador de consumo estimado;

ICh = indicador de consumo do período histórico;

Quando não for possível a determinação do desperdício estimado, diagnosticar o desperdício no sistema considerando-se somente os eventos indiretos. A figura 24 apresenta fluxograma para a realização de diagnóstico preliminar do consumo de água utilizado na pesquisa.



Fonte: Adaptado de Oliveira (1999).

Figura 24 – Fluxograma para a realização do diagnóstico preliminar do consumo de água em um edifício escolar

3.5 Definição das Escolas para implantação do uso de fontes alternativas

Em visitas técnicas realizadas nas Escolas Municipais e por meio de reuniões com a Secretaria da Educação, definiu-se pela elaboração de projeto de aproveitamento de águas pluviais na Escola Paiol Grande, principalmente pela vontade da direção da Escola em implantar este projeto, de todas as Escolas visitadas, a Direção da Escola Paiol Grande, foi a que solicitou que fosse projetado um sistema de aproveitamento das águas pluviais. Tendo em vista alguns fatores como, área da escola, área de pátio considerável, área de jardins, quantidades de banheiros e bacias sanitárias.

Um fator importante é o desnível do terreno, onde se pretende instalar o reservatório de águas pluviais para fins não potáveis e a concordância dos telhados, podendo se coletar toda a água pluvial dos telhados da escola e do ginásio de esportes.

3.6 Projeto do sistema de aproveitamento de água de chuva

Para a realização do sistema de aproveitamento de água de chuva foi utilizada a metodologia desenvolvida por Roggia (2006) a qual passa a ser descrita a seguir:

3.6.1 Determinação do tipo e da quantidade de amostras

Determinação da utilização de águas pluviais para fins não potáveis como rega de jardins, descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e automóveis.

Muitas economias despejam suas coletas de águas pluviais nas redes de esgoto, o que dificulta o processo de tratamento da ETE. Ao aproveitar a água pluvial, esta deixará de ser encaminhada a ETE, deixando de comprometer a eficiência do processo. Além de suprir as necessidades para os fins não potáveis.

3.6.2 Análises quantitativas das águas pluviais

Alguns parâmetros devem ser considerados no momento de se analisar a quantidade de água pluvial que será necessária para implantação do sistema. Para as análises quantitativas devem ser levados em consideração, os itens apresentados na seqüência.

» A intensidade pluviométrica da cidade analisada

Buscar a intensidade pluviométrica para a cidade em estudo, nos últimos dez anos, se possível, pois é a partir dessa média mensal que se irá dimensionar o sistema de utilização de águas pluviais.

Neste trabalho se obteve a intensidade pluviométrica para a cidade de Erechim, nos últimos quarenta e dois anos.

» Análise do consumo de água por tipologia

Definir a tipologia da edificação que será analisada, neste caso escola.

Definir os usos de água pluvial em cada tipologia, o quadro 2 mostra os parâmetros para quantificar o consumo de água por atividade na escola.

Os parâmetros aqui utilizados para quantificar rega de jardim, lavagem de calçadas e bacia sanitária, seguem a metodologia proposta por Roggia (2006), baseada em Tomaz (2003).

Usos:	Parâmetros para quantificar o consumo:
Rega de jardins	- Número de regas por mês - Consumo de água por m ² - Área do jardim
Lavagem de calçadas	- Número de lavagens por mês - Consumo de água por m ² - Área a ser lavada
Bacia Sanitária	- Quantidade de pessoas na edificação - Consumo por tipo de edificação

Fonte: ROGGIA (2006).

Quadro 2 – Parâmetros para quantificar o consumo de água por atividade

» Rega de jardim

Para determinar o consumo mensal para rega de jardins foi utilizado o parâmetro de 0,8 L/dia/m², sendo este valor multiplicado pela área a ser regada, e multiplicada também pelo número de dias do mês, média de 30 dias. Sendo assim:

$$\text{Consumo mensal rega jardim (Lts/mês)} = \text{Área (m}^2\text{)} \times 0,8 \text{ L/dia/m}^2 \times 30 \text{ dias.}$$

» Lavagem de calçadas

A determinação do consumo mensal para lavagem de calçadas deve ser baseada numa média de lavagens por mês, sendo o consumo de 3 Lts/dia/m², multiplicada pela área a ser lavada, ou seja:

$$\text{Consumo mensal lavagem calçadas (Lts/mês)} = \text{área (m}^2\text{)} \times 4 \text{ vezes/mês} \times 3 \text{ L/dia/m}^2.$$

» Bacia Sanitária

Para a determinação do consumo das bacias sanitárias, primeiro é necessário realizar o cálculo da população da edificação em análise.

Cálculo da População

No trabalho em questão serão utilizados os agentes consumidores calculados para a escola.

Depois de determinada a população é necessário separar o consumo da bacia sanitária em:

- a) Consumo comercial bacia sanitária: 3 vezes/dia x L/descarga x 22 dias (dias úteis no mês). Sendo escola, onde os agentes consumidores passam um turno somente na escola, manhã ou tarde, considera-se a metade, ou seja, 1,5 vez/dia x L/descarga x 22 dias.

Para a obtenção do consumo mensal das edificações em estudo, é necessário calcular cada consumo. A soma de todos os consumos é que fornecerá parâmetros para o dimensionamento do reservatório e demais equipamentos que compõe o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

3.6.3 Análise qualitativa das águas pluviais

Na amostra da escola Paiol Grande, foram feitas duas coletas:

Dados da 1º coleta: o horário de coleta foi às 22:30 horas do dia 11 de dezembro de 2007.

Dados da 2º coleta: o horário de coleta foi às 20:30 horas do dia 18 de janeiro de 2008.

As coletas foram feitas no condutor vertical, no início de chuva, após 5 min de chuva, e diretamente da atmosfera.

As análises físico-químicas e microbiológicas das águas foram realizadas nos laboratórios da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo – UPF, LACE – Laboratório de Análise de Controle de Efluentes, Laboratório de Microbiologia e Laboratório de Águas.

3.6.4 Cálculo da área de contribuição das águas pluviais

No cálculo da área de contribuição, além da área plana horizontal, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água da chuva que também deve ser drenada pela cobertura, onde as fórmulas estão associadas à ação dos ventos.

A NBR 10844/89, apresenta alguns fatores de cobertura e como esses fatores devem ser considerados.

3.6.5 Determinação do coeficiente de deflúvio

Coeficiente de Deflúvio é a perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc. Utiliza-se a letra C para indicar o Coeficiente de Deflúvio, e o mesmo é conhecido também por coeficiente de runoff.

Tipo	Coefficiente de Runoff
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90
Telha cerâmica	0,60 a 0,90
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90
Orgânicos (Sapê)	0,20

Fonte: ROGGIA (2006).

Quadro 3 – Tipos e características dos materiais constituintes de telhados.

3.6.6 Dimensionamento de calhas

Segundo a ABNT NBR 15527/07 as calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844.

As calhas são dispositivos que captam as águas diretamente dos telhados impedindo que estas caiam livremente causando danos nas áreas circunvizinhas, principalmente quando a edificação é bastante alta.

O material de fabricação das calhas deve ter as seguintes características: ser resistente à corrosão, ter longa durabilidade, não deve ser afetada por mudanças de temperatura, lisa, leve e rígida.

A escolha dos materiais depende muito do partido arquitetônico adotado, o material usado será:

- a) **chapa galvanizada:** muito usada, principalmente quando a calha fica protegida por platibanda, ou seja, de forma invisível e sem a possibilidade de receber esforços, pois são frágeis.

As seções das calhas possuem as mais variadas formas, dependendo das condições impostas pela arquitetura, bem como dos materiais empregados na confecção das mesmas, definiu-se por seção retangular.

No dimensionamento das calhas deve-se observar dois pontos principais, a calha deve captar toda a água do telhado sem transbordar e conduzi-la eficientemente para o reservatório. Esta tarefa parece ser relativamente fácil, porém verifica-se com frequência calhas que foram dimensionados de forma incorreta, no que se refere às dimensões adotadas e à inclinação.

A vazão de projeto é calculada pela equação 8:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad [8]$$

Onde:

Q é vazão de projeto em l/min;

I é a intensidade pluviométrica em mm/h;

A é a área de captação de água pluvial em m²

O dimensionamento das calhas sugerido pela NBR 10844/89 é expresso na equação 9:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times RH^{2/3} \times i^{1/2} \quad [9]$$

Onde:

Q é vazão de projeto em l/min;

S é a área da seção molhada em m²;

n é o coeficiente de rugosidade;

RH = S/P é o raio hidráulico em m;

P é o perímetro molhado em m;

i é a declividade da calha em m/m;

K = 60.000.

Para o cálculo de dimensionamento de calhas é necessário conhecer o Coeficiente de rugosidade, o quadro 4 mostra o coeficiente de rugosidade de Manning - Strickler:

plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre e latão	0.011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0.012
cerâmica e concreto não alisado	0.013
alvenaria de tijolos não revestida	0.015

Fonte: Adaptado de ROGGIA (2006).

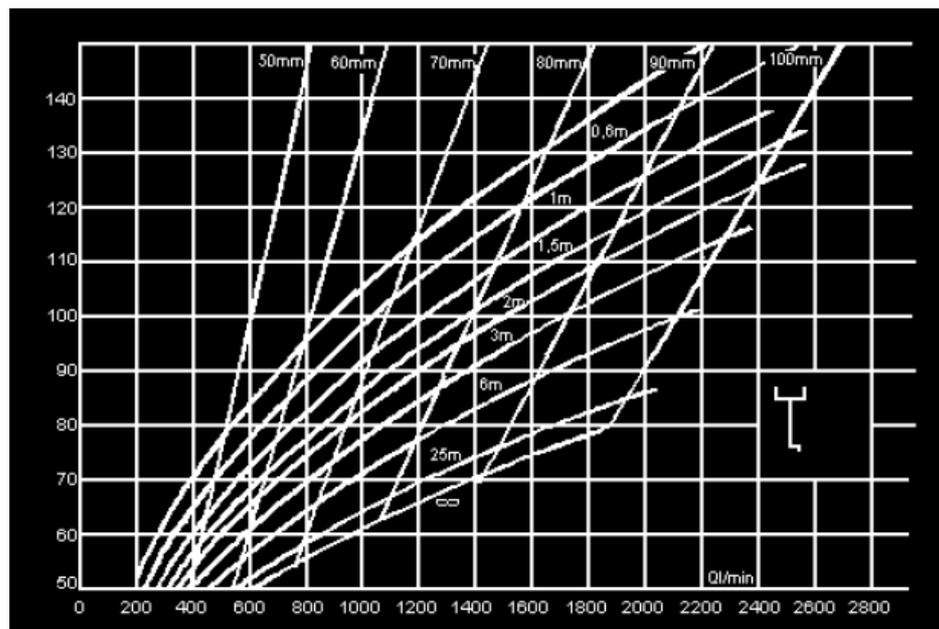
Quadro 4 – Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler

3.6.7 Dimensionamento dos condutores verticais

São tubos verticais que conduzem água das calhas às redes coletoras que poderão ser situados no terreno ou presos ao teto do subsolo (no caso dos edifícios), ou despejar livremente na superfície do terreno. Mas atualmente sabe-se que os tubos verticais servem também para conduzir a água das calhas ao reservatório inferior, para seu aproveitamento posterior.

O material mais comum é o PVC, para sistema de esgoto ou a linha reforçada própria para captação de águas pluviais.

Para determinação do diâmetro (mm), tem-se a vazão de projeto (Q), a altura da lâmina de água na calha (H) e o comprimento do condutor vertical (m), o ábaco da (NBR-10844/89) pode ser utilizado:



Fonte: ABNT NBR 10844/89

Figura 25 – Calha com saída em aresta viva

3.6.8 Dimensionamento condutores horizontais

Tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais. Sendo assim, é a tubulação que conduzirá a água pluvial do condutor vertical para o dispositivo de autolimpeza e posteriormente ao reservatório inferior.

Segundo a NBR 10844/89, os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicados no quadro 5.

	Diâmetro Interno (D)(mm)	N = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	172	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.198	1.890	358	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.670	6.650	1.190	1.870	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	6.040
7	250	2.350	3.310	4.580	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	8.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT (NBR 10844/89 apud ROGGIA, 2006).

Quadro 5 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

Nas tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda, a cada trecho com 20 m nos percursos retilíneos.

A ligação entre os condutores verticais e horizontais deve ser sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

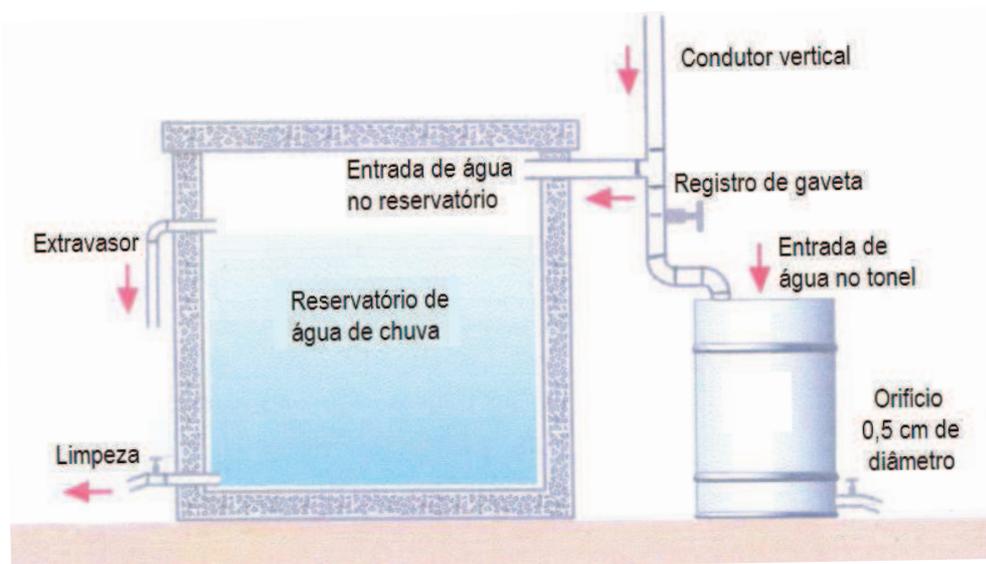
3.6.9 Dispositivo de auto limpeza

A água pluvial após passar pela área de captação, calhas, e condutor horizontal, pode conter impurezas e partículas que necessitam ser descartadas, e para eliminar a primeira água de coleta, utiliza-se um dispositivo denominado de autolimpeza.

Existem diversas formas de realizar este descarte da primeira chuva podendo ser citados o reservatório de autolimpeza com torneira de bóia, tonel para descarte da água de limpeza do telhado, válvulas de descarte automático, etc.

A ABNT NBR 15527/07 diz que pode ser instalado um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, e recomenda que tal dispositivo seja automático. Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista, .na falta de dados, recomenda o descarte de 2mm da precipitação inicial.

Porém, na metodologia aplicada, a relação proposta para o cálculo do volume do dispositivo de autolimpeza é de 1 L para cada 100 m² de superfície coletora. E o sistema proposto é o sistema de tonel, onde a água do telhado passa pela calha e desce pelo condutor vertical, chegando até um tonel previamente calculado. No fundo do tonel deve ter uma abertura de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro. O tonel se enche da primeira água de coleta e o restante se direciona para o reservatório inferior. O tonel vai se esvaziando aos poucos, devido a sua abertura ser pequena. O sistema é mostrado na figura 26.



Fonte: Dacach (1990 apud ROGGIA, 2006).

Figura 26 – Reservatório de água pluvial com tonel



Fonte: HERNANDES et alii, (2004 apud DE PAULA, 2005).

Figura 27 – Tonel de descarte da primeira água precipitada

3.6.10 Reservatórios de água pluvial

O reservatório é um dos itens que determinará a viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial. Por isso deve-se ter um cuidado maior com o seu dimensionamento. A ABNT NBR 15527/07 instrui que os reservatórios devem atender a ABNT NBR 12217.

3.6.11 Dimensionamento do reservatório de águas pluviais

Grande parte dos métodos existentes para dimensionamento do reservatório leva em conta a demanda no período de estiagem, bem como a quantidade de água possível de ser captada. O que difere é a forma com a qual se estima essa demanda.

Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água da chuva poderá ser realizado para atender as seguintes situações:

- a) armazenar água somente para suprir a demanda por alguns dias;
- b) armazenar água para suprir a demanda de 1 a 2 meses;
- c) armazenar água para suprir a demanda por 6 meses;
- d) armazenar água para suprir a demanda do ano inteiro.

O método mais utilizado para dimensionamento do reservatório é o método de Rippl.

Existem duas maneiras de usar o método de Rippl para demanda constante. Um é o método analítico e a outra maneira é o método gráfico. A seguir se apresenta o método de Rippl para demanda constante (analítico) e chuvas mensais.

O quadro 6 mostra a tabela utilizada para aplicação do método de Rippl, sendo que as colunas que compõe o método serão explicadas posteriormente.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Mensal	Volume Acumulado	Área de Coleta	Coefficiente De runoff	Volume de Chuva Mensal	Volume Acumulado	Volume de Chuva Demanda	Volume do Reservatório de Água da chuva
	mm	m ³	m ³	m ²		m ³	m ³	m ³	m ³
JANEIRO									
FEVEREIRO									
MARÇO									
ABRIL									
MAIO									
JUNHO									
JULHO									
AGOSTO									
SETEMBRO									
OUTUBRO									
NOVEMBRO									
DEZEMBRO									

Fonte: ROGGIA (2006).

Quadro 6 – Dimensionamento de reservatório pelo método de Rippl

A seguir a explicação de cada coluna do quadro 7.

Chuva média mensal (mm): para um cálculo mais preciso da precipitação média mensal é aconselhável a utilização dos índices pluviométricos mensais dos últimos 10 anos.

Demanda mensal (m³): a demanda mensal refere-se ao volume de água potável que pode ser substituído por água da chuva, ou seja, o volume de água necessário para alimentar os pontos onde não há necessidade da utilização de água potável no intervalo de um mês.

Área de coleta (m²): soma das áreas destinadas a coletar água pluvial.

Coefficiente de Runoff: esse coeficiente refere-se a perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc..

Volume de chuva mensal (m³): é o volume máximo de água pluvial que poderá ser coletado no intervalo de um mês, o volume máximo de chuva mensal que pode ser armazenado é calculado pela equação 10:

$$Q = P \times A \times C \quad [10]$$

Onde:

Q = Volume anual de água da chuva (m³);

P = Precipitação média mensal (mm);

A = Área de coleta (m²);

C = Coeficiente de Runoff.

Volume acumulado (m³): é o somatório do volume de chuva mensal nos meses de janeiro a dezembro.

Volume de chuva – demanda (m³): é a diferença entre o volume de água da chuva disponível e o volume da demanda a ser atendida.

Volume do reservatório de água da chuva (m³): é o volume adquirido no somatório da diferença negativa do volume de chuva e da demanda.

Número de dias que haverá suprimento com água de chuva: é o número de dias em que o volume do reservatório sustenta a demanda do sistema sem utilizar água de outra fonte de alimentação em períodos de estiagem. O número de dias de seca que será suprido com água da chuva é calculado da seguinte maneira: volume do reservatório / volume demanda.

Verificação do volume do reservatório de água pluvial

No aproveitamento de água de chuva o reservatório é o componente mais dispendioso do sistema. Sua capacidade de armazenamento influencia não somente o custo, mas também a capacidade de atendimento da demanda. É extremamente importante fazer a análise do volume de água de chuva a ser coletado, para que o custo final não inviabilize o uso do sistema.

O quadro 7 mostra a planilha de verificação do volume do reservatório de água da chuva, os seus dados serão explicados posteriormente.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Mensal	Volume Acumulado	Área de Coleta	Coeficiente De runoff	Volume do Reservatório	Volume do Reservatório T-1	Volume do Reservatório T	Overflow	Suprimento
	mm									
JANEIRO										
FEVEREIRO										
MARÇO										
ABRIL										
MAIO										
JUNHO										
JULHO										
AGOSTO										
SETEMBRO										
OUTUBRO										
NOVEMBRO										
DEZEMBRO										

Fonte: ROGGIA (2006).

Quadro 7 – Verificação do volume do reservatório de água de chuva

Chuva média mensal (mm): como mencionado anteriormente, é aconselhável a utilização dos índices pluviométricos mensais dos últimos 10 anos.

Demanda mensal (m³): é o volume de água potável que pode ser substituído por água pluvial.

Área de coleta (m²): soma das áreas destinadas a coletar água pluvial.

Coefficiente de Runoff: este coeficiente refere-se a perda de água por evaporação, vazamentos.

Volume do Reservatório (m³): o volume do reservatório é obtido no cálculo anterior pelo método de Rippl. Pode-se também adotar um volume para o reservatório conforme necessidade de projeto e condições de local de instalação do sistema.

Volume de chuva mensal (m³): é o volume máximo de água pluvial que poderá ser coletado no intervalo de um mês. O volume máximo que pode ser armazenado é calculado pela fórmula 9, vista anteriormente.

Volume no reservatório no início do mês (T – 1) (m³): é o volume de água do reservatório no início de cada mês. O primeiro mês é considerado zero, pois se supõe que o reservatório está vazio.

Volume no reservatório no final do mês (T) (m³): é o volume de água da chuva do reservatório no final do mês.

Overflow (m³): relativo ao extravasamento de água do reservatório.

Suprimento (m³): água que pode vir do abastecimento público, de caminhão-tanque ou de outra procedência, caso o volume de água da chuva no reservatório não tenha atendido a demanda.

Confiança no Sistema (%): a confiança no sistema é determinada pela equação expressa na fórmula 11:

$$R_f = (1 - F_r) \quad [11]$$

Onde: $F_r = N_r / n$

R_f = Confiança no sistema; (%)

F_r = Falha no sistema; (%)

N_r = Número de meses que o reservatório não atendeu a demanda;

N = Número total de meses.

Eficiência do Sistema (%): a eficiência do sistema é determinada da seguinte maneira:

$$Eficiência\ do\ Sistema = \frac{100(\text{volume de água utilizada})}{\text{volume anual de chuva}} \quad [12]$$

Depois de calculado o volume do reservatório, em alguns casos faz-se a distribuição deste volume entre o reservatório inferior, que abriga 60% do volume total e o reservatório superior, que abriga 40% do volume de água pluvial. A água coletada é armazenada no reservatório inferior, sendo bombeada posteriormente ao reservatório superior, sendo que é a partir deste que a água é distribuída para o consumo.

A Norma ABNT NBR 15527/07 descreve que seja considerado no projeto do reservatório: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

Relata que os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano de acordo com a ABNT NBR 5626.

Recomenda que o dimensionamento do reservatório seja verificado por meio de um dos métodos: Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano, os quais são apresentados a seguir.

3.6.11.1 Método da simulação

O método da simulação não leva em conta a evaporação da água, para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$$

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

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$;

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial

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

3.6.11.2 Método Azevedo Neto

O método prático brasileiro $V = 0,042 \times P \times A \times T$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta em projeção, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

3.6.11.3 Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

Vadotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6%).

Vadotado = $\text{mín}(V;D) \times 0,06$

Onde:

V é o volume aproveitável de água de chuva anual em litros;

D é a demanda anual da água não potável, em litros;

Vadotado é o volume de água do reservatório, em litros;

3.6.11.4 Método prático inglês

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

A é a área de coleta em projeção, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros;

3.6.11.5 Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

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

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média anual, em milímetros;

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

A é a área de coleta, em metros quadrados;

Q é o volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

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

Onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metro cúbicos;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos;

D_t é a demanda mensal, em metros cúbicos;

NOTA Para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T, em metros cúbicos.

Confiança: $Pr = Nr / N$

Onde:

Pr é a falha

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

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

Confiança = $(1-Pr)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

3.6.12 Sistema de filtragem e tratamento de água pluvial

Há várias maneiras de alterar as características da água para torná-la compatível com as exigências do consumidor e da saúde pública. Essa possibilidade de tratamento ou de condicionamento da água é praticamente ilimitada do ponto de vista técnico, mas imperativos de ordem econômica restringem a sua execução.

A seguir, estão descritos os principais processos de tratamento de água. Os quais quase nunca são utilizados isoladamente, sendo muito freqüente a associação de vários processos.

- a) sedimentação ou decantação;
- b) desinfecção;

A etapa de tratamento está diretamente relacionada às etapas de transporte e armazenagem, pois depende da qualidade da água no momento da coleta e por quanto tempo será armazenada antes de ser utilizada.

Uma vez que a chuva entra em contato com uma superfície coletora como um telhado ela pode levar muitos tipos de contaminadores para o tanque de armazenamento. Os contaminadores podem incluir, bactérias, algas, protozoários, poeira, pólen, fezes de pássaros e suas penas, insetos mortos, etc.

Os interesses da saúde a respeito da água da chuva incluem o controle de microorganismos tais como as bactérias, os salmonela, o *e-coli*, e os contaminadores tais como pesticidas e arsênico. Se a água da chuva coletada for usada na edificação para usos potáveis, deve ser filtrada e tratada de alguma maneira para matar microorganismos e

remover os contaminantes. Se a água da chuva for utilizada para fins não potáveis, como a irrigação de jardins, as exigências do tratamento podem ser menos rigorosas ou não existentes, desde que a água pluvial atenda às normas e recomendações para os determinados fins em que for utilizada.

O *Group Raindrops* ressalva que, se a água de chuva não for utilizada para fins potáveis como beber, cozinhar e tomar banho, não é necessária a desinfecção da mesma. Este tipo de tratamento aumentaria os custos e exigiria do usuário uma permanente manutenção.

A seguir são apresentados alguns sistemas de filtragem que podem ser utilizados no sistema de aproveitamento de águas pluviais: Zonas Úmidas (Wetlands); Filtro VF1 (3P Technik); Filtro 3P Rainus; Aqua Sure; Filtro de fibra de vidro. Porém o recomendado por Roggia (2006) é o filtro de areia, o qual é detalhado a seguir.

a) **Filtro de areia**

A água ao passar pela areia, a matéria em suspensão e a matéria coloidal são quase completamente removidas, os componentes químicos são alterados e o número de bactérias é reduzido. Esses fenômenos são explicados tendo por base quatro ações: filtração mecânica, sedimentação e adsorção, efeitos elétricos e, em menor grau, alterações biológicas.

A filtração mecânica é responsável pela remoção de grandes partículas de matéria na superfície de areia. É também possível que partículas de qualquer tamanho sejam removidas próximo ou nos pontos de contato entre os grãos de areia, se ocuparem uma linha de fluxo bastante próxima a aqueles pontos. A remoção em tais pontos é descrita como filtração intersticial.

A sedimentação, a adsorção e a atração eletrostática contribuem para a remoção de algumas partículas pequenas de matéria em suspensão e de algumas bactérias. Os vazios entre os grãos de areia atuam como diminutas câmaras de sedimentação, nas quais as forças da gravidade terrestre, da atração gravitacional das partículas de matéria, e do magnetismo resultante de partículas vizinhas de matéria carregando cargas eletrostáticas desiguais, fazem as partículas em suspensão, decantar sobre as paredes dos vazios. As partículas de matéria em suspensão aderem as paredes dos vazios, devido a camada gelatinosa previamente depositada pelas partículas que foram removidas da água.

A maior parte da ação filtrante num filtro lento de areia ocorre numa camada delgada de areia e de material depositado próximo ou na superfície do filtro. Num filtro

rápido de areia, entretanto, a ação filtrante é distribuída em toda a profundidade do leito de areia, a maior parcela da ação filtrante ocorrendo na parte superior do filtro.

O filtro é montado dentro de um tubo PVC DN 100, adicionando-se os componentes na seguinte ordem: 10 cm de acrílico, 90 cm de areia e 20 cm de acrílico. O leito filtrante tem 120 cm de comprimento.

Após a montagem, é sugerido que o filtro seja desinfetado, repassando-se água contendo cloro na proporção de um litro de água sanitária para 10 litros de água.

Além do sistema de filtragem, a proposta deste trabalho contempla também um dispositivo de retenção de partículas sólidas, ele é composto de dois elementos, uma malha metálica (abertura 0,83 mm, fio 0,23 mm), para retenção de partículas maiores, e o outro é uma manta de geotêxtil com gramatura de 130 g/m², para retenção de partículas finas, o esquema é mostrado na figura 28.



Fonte: HERNANDES et alii (2004 apud ROGGIA, 2006).

Figura 28 – Sistema de retenção de partículas sólidas

Este tipo de separador auxilia na retenção de partículas em suspensão. O que deve ser observado é o processo de colmatção, ou seja, a obstrução das aberturas das malhas. Por esse motivo, a manutenção deve ser pelo menos uma vez ao mês, principalmente, no início do período chuvoso, pois há a lavagem da sujeira do telhado. A ABNT NBR 15527/07 instrui que devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos, podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam a ABNT NBR 12213.

3.6.13 Sistema de bombeamento

O sistema de bombeamento se faz necessário, pois a maioria dos reservatórios se localiza na parte inferior da edificação, e é a partir do sistema de bombeamento que a água chegará ao reservatório superior para posterior abastecimento.

A norma ABNT NBR 15527/2007 que trata sobre água da chuva, aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, recomenda seguir a ABNT NBR 12214/1992 referente ao projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Porém, neste trabalho será aplicada a metodologia definida por Roggia (2006), mostrada a seguir.

» Determinação da vazão de recalque

Para determinação da vazão de recalque utiliza-se a fórmula 13:

$$Q_{rec} = \frac{CD}{NF} \quad [13]$$

Onde:

Q_{rec} = vazão de recalque (m^3 / h);

NF = número de horas de funcionamento da bomba;

CD = consumo diário de água não potável (m^3 / dia).

» Dimensionamento do Diâmetro de recalque e sucção

Determina-se o diâmetro de recalque, aplicando-se a fórmula 14:

$$D_{rec} = 1,3 \cdot (Q_{rec}^{1/2}) \cdot (x^{1/4}) \quad [14]$$

Onde:

D_{rec} = diâmetro de recalque (m);

Q_{rec} = vazão de recalque, obtida convertendo-se o valor de Q_{rec} (m^3/h) para (m^3/s);

x = número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias, de acordo com a NBR 5626/ 98, adota-se o valor de 6 horas diárias.

Para o diâmetro de sucção adota-se um valor imediatamente superior ao dimensionado e estabelecido para o recalque.

» **Determinação da altura manométrica**

A determinação da altura manométrica é imprescindível para o dimensionamento da bomba a ser utilizada no sistema de elevação, para tanto se utilizou de uma rotina de cálculos, abaixo apresentada:

$$H_{man} = H_{man \cdot rec} + H_{man \cdot suc}$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica total (m);

$H_{man \cdot rec}$ = altura manométrica de recalque (m);

$H_{man \cdot suc}$ = altura manométrica de sucção (m).

Altura manométrica de recalque:

$$H_{man \cdot rec} = H_{rec} + \Delta H_{rec}$$

Onde:

H_{rec} = o desnível entre a bomba e o ponto mais alto a ser atingido pelo recalque;

ΔH_{rec} = a perda de carga no recalque.

E, o cálculo da perda de carga no recalque é dado por:

$$\Delta H_{rec} = j_{rec} \cdot L_{trec}$$

Onde:

j_{rec} = a perda unitária no recalque;

L_{trec} = comprimento real da tubulação de recalque mais os comprimentos equivalentes.

Altura manométrica de sucção:

$$H_{man \cdot suc} = H_{suc} + \Delta H_{suc}$$

Onde:

H_{suc} = o desnível entre a bomba e a superfície do líquido;

Δh_{suc} = a perda de carga na sucção.

E, o cálculo da perda de carga na sucção é dado por:

$$\Delta H_{suc} = j_{suc} \cdot L_{suc}$$

Onde:

j_{suc} = a perda unitária na sucção;

L_{suc} = comprimento real da tubulação de sucção mais os comprimentos equivalentes.

Com estes dados pode-se definir a bomba a ser utilizada no sistema de aproveitamento de águas pluviais.

3.6.14 Tubulações de distribuição da água pluvial

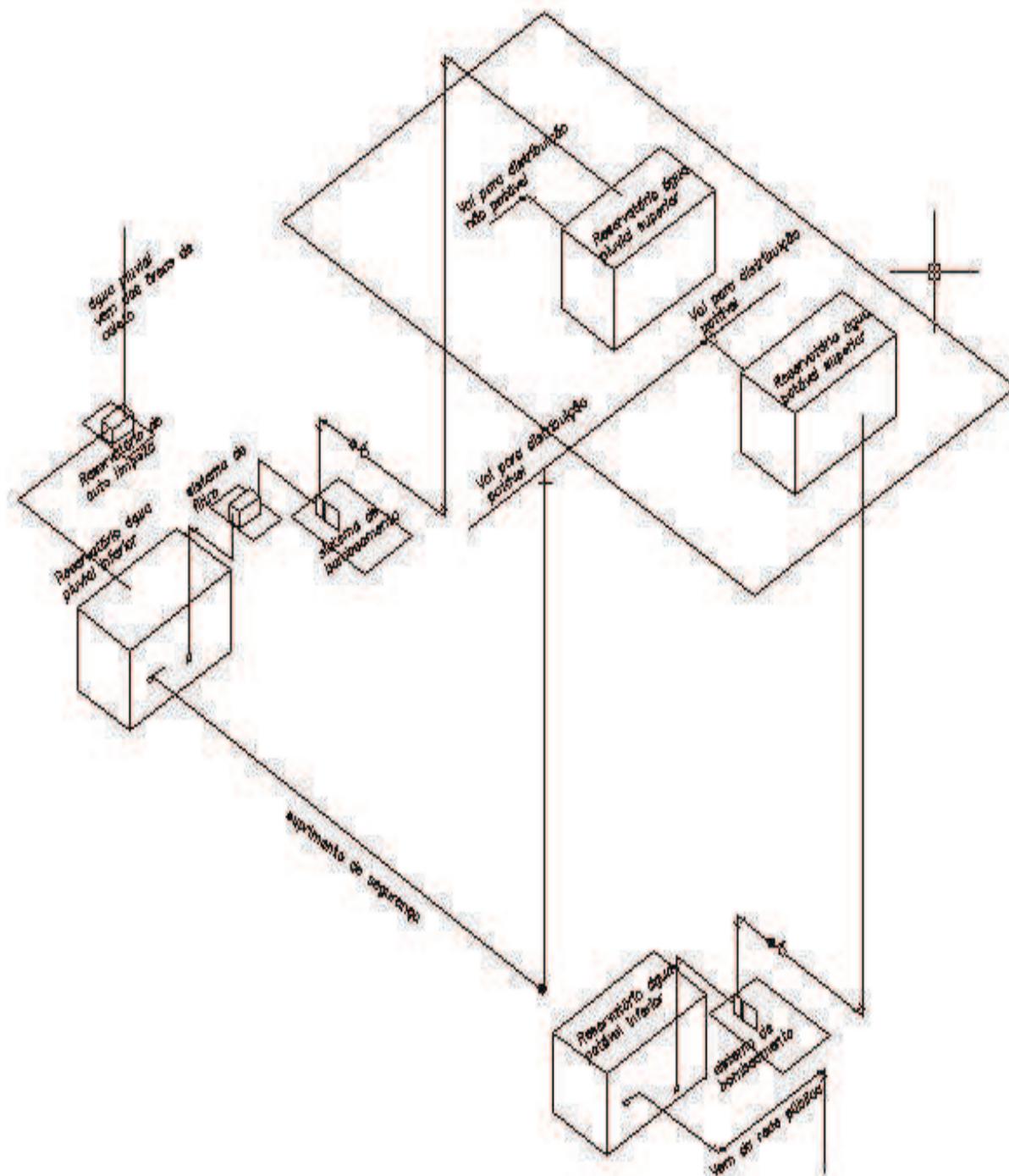
As tubulações de distribuição da água pluvial podem ser de cobre ou pvc.

No trabalho em questão serão em PVC, totalmente separadas das tubulações de água potável e pintadas com identificação.

3.6.15 Interligação entre reservatórios – água potável e água pluvial

Como proposta para a interligação entre os reservatórios de água pluvial e água potável para evitar uma possível falta de água pluvial, uma vez que possam ocorrer períodos de estiagem, o sistema mostrado abaixo mostra a ligação entre os reservatórios.

Quando o nível da água pluvial baixa no reservatório inferior é acionado o dispositivo que faz com que o reservatório de água potável superior forneça água para este reservatório, figura 29.



Fonte: ROGGIA (2006).

Figura 29 – Sistema de interligação de reservatórios

3.6.16 Avaliação econômica

Para a avaliação econômica do sistema de aproveitamento de água pluviais, primeiramente foram levantadas as quantidades e os serviços a serem realizados para a implantação do mesmo.

Após este procedimento os dados obtidos foram lançados no PLEO, que é um programa específico de levantamento de custos de serviços. Onde, no banco de dados do programa, possui os custos unitários de cada serviço, lançando as quantidades dos mesmos o programa calcula os custos do sistema. Os valores unitários dos serviços do programa foram conferidos e ajustados com valores de mercado para o mês fevereiro do ano de 2008.

Conhecendo os valores do m³ de água praticado pela concessionária local, CORSAN, pode-se chegar ao valor de retorno do investimento necessário para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Sempre levando em consideração não somente a questão financeira, mas também a ambiental.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização das Escolas

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos, os dados estatísticos das Escolas referem-se ao ano de 2006, período de janeiro a dezembro de 2006. O trabalho foi desenvolvido no ano de 2007 e 2008.

As tabelas 6 apresenta a relação das Escolas que compõem a Rede Municipal de Ensino do Município de Erechim – RS.

Tabela 6 – Relação das Escolas com endereço

Escola	Endereço
EMEF LUIZ BADALOTTI *	Rua Fulgêncio M.Coffy, 680 – Bairro Atlântico
EMEF PAIOL GRANDE *	Rua Sueli Maria Girardello, 205 – Bairro Paiol Grande
EMEF OTHELO ROSA *	Rua Belo Cardoso, 1446 – Bairro Presidente Vargas
EMEF OTHELO ROSA – EDUCAÇÃO INFANTIL	Rua Antônio Zuchi, 28
EMEF D. PEDRO II *	Rua Francisco Busatta, 121 – Bairro Progresso
EMEF CRISTO REI – CAIC *	Rua São Martinho, 351 – Bairro Cristo Rei
EMEF CARAS PINTADAS *	Rua Frederico Ozanan, 273 – Bairro São Vicente de Paula
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	Rua José Bisognin, 87 – Bairro São Cristóvão
EMEI DR. RUTHER ALBERTO VON MÜHLEN	Rua 24 de Outubro, 180
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	Rua Börtolo Balvedi, 1388
EMEI IRMÃ CONSOLATA	Rua Joaquim de Moura Faitão, 915 – Bairro Koller
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	Rua Santa Bárbara, 28 – Bairro Progresso
EMEI JAGUARETÊ	Distrito de Jaguaretê

Fonte: Secretaria Municipal de Educação, (2007).

* Escolas que possuem Ginásio Esportivo.

Na figura 30 é apresentada a localização das escolas da rede municipal no mapa do município.

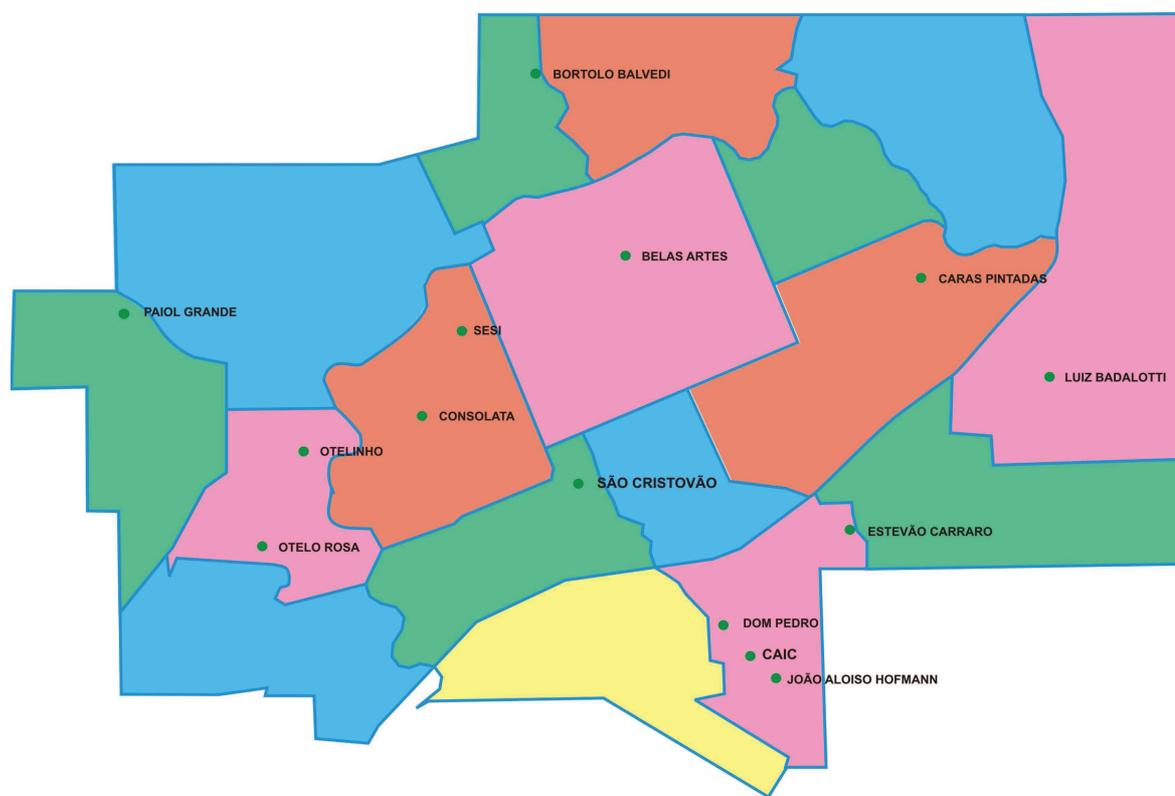


Figura 30 – Mapa do município de Erechim, com a localização das Escolas da Rede Municipal, 2007

Existem 6 (seis) Escolas de Ensino Fundamental sendo que 4 (quatro) destas também atendem Educação Infantil (ver na Tabela 7).

Tabela 7 – Relação das Escolas de Ensino Fundamental

Escolas de Ensino Fundamental
EMEF LUIZ BADALOTTI
EMEF PAIOL GRANDE
EMEF OTHELO ROSA – EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL *
EMEF D. PEDRO II
EMEF CRISTO REI – CAIC
EMEF CARAS PINTADAS

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

*A escola possui dois endereços, sendo uma escola para Ensino Fundamental e outra para Ensino Infantil.

Existem 7 (sete) Escolas de Educação Infantil, sendo relacionadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Relação das Escolas de Educação Infantil

Escolas de Educação Infantil
EMEF OTHELO ROSA – EDUCAÇÃO INFANTIL *
EMEI SÃO CRISTÓVÃO
EMEI DR. RUTHER ALBERTO VON MÜHLEN
EMEI BÖRTOLO BALVEDI
EMEI IRMÃ CONSOLATA
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN
EMEI JAGUARETÊ

Fonte: Secretaria Municipal de Educação, 2007

* A escola possui dois endereços, sendo uma escola para Ensino Fundamental e outra para Educação Infantil.

A Escola Municipal de Educação Infantil Jaguaretê, localizada no Distrito de Jaguaretê, não será considerada tendo em vista que é abastecida por poço artesiano e não por rede de concessionária, e também pelo motivo de ter somente uma única série e um professor. No entanto os resultados da pesquisa também serão contemplados nesta escola.

Compreende o Ensino Fundamental 8 (oito) anos, divididos em 1^a a 8^a séries e a Educação Infantil divide-se em Creche e Pré.

Os horários de atendimento são os mesmos em todas as Escolas, sendo:

- 1) Turno da manhã: das 7h e 30 min às 11h e 30 min;
- 2) Turno da tarde: das 13 horas às 17 horas;
- 3) Turno da noite: das 19 horas às 22h e 30 min.

Os períodos de recesso e férias das Escolas Municipais são divididos em férias de inverno e de verão:

- a) Recesso de inverno: última semana do mês de julho;
- b) Recesso e férias de verão: Recesso, do dia 20 ao dia 30 de dezembro, e do dia 01 ao dia 20 de fevereiro;
- c) Férias, do dia 01 ao dia 31 de janeiro.

As Escolas Municipais sempre permanecem com as secretarias abertas, mesmo no período de recesso e férias, o que acontece é que a população é de somente um ou dois servidores, além da auxiliares de limpeza e do guarda da escola.

Tabela 9 – Demonstrativo das idades que compreendem cada série e cada Ensino

Escola	Idade
EDUCAÇÃO INFANTIL	
CRECHE	0 a 3 anos
PRÉ	4 e 5 anos
ENSINO FUNDAMENTAL	
1ª ano	6 a 7 anos
2ª ano	8 anos
3ª ano	9 anos
4ª ano	10 anos
5ª ano	11 anos
6ª ano	12 anos
7ª ano	13 anos
8ª ano	14 anos

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

Tendo a classificação de idade que compreende cada série buscou-se o que a Secretaria de Educação chama de alunado 2006, que é a quantidade de alunos em cada Escola, ensino e série, estes dados são apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12.

Além dos alunos foram levantados os dados referentes a Docentes e Servidores, os quais estão relacionados na Tabela 13.

Tabela 10 – Alunado das Escolas de Educação Infantil, 2006

Escolas de Educação Infantil	Creche	Pré	Total
EMEF LUIZ BADALOTTI	-	106	106
EMEF PAIOL GRANDE	-	72	72
EMEF OTHELO ROSA	-	105	105
EMEF D. PEDRO II	-	-	-
EMEF CRISTO REI – CAIC	59	120	179
EMEF CARAS PINTADAS	67	139	206
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	16	89	105
EMEI DR. RUTHER ALBERTO VON MÜHLEN	32	188	220
EMEI BÔRTOLO BALVEDI	46	64	110
EMEI IRMÃ CONSOLATA	62	184	246
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	45	252	297
TOTAL	327	1335	1662

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

Tabela 11 – Alunado das Escolas de Ensino Fundamental diurno, ano de 2006

Escolas de Ensino Fundamental	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	Total
EMEF LUIZ BADALOTTI	110	97	98	81	77	87	68	65	683
EMEF PAIOL GRANDE	65	59	72	60	83	68	46	46	499
EMEF OTHELO ROSA	64	59	82	81	59	72	59	59	535
EMEF D. PEDRO II	132	92	107	108	113	114	82	64	812
EMEF CRISTO REI – CAIC	61	67	64	72	68	73	41	27	473
EMEF CARAS PINTADAS	79	66	54	53	59	46	47	25	429
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI DR. RUTHER ALBERTO VON MÜHLEN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI IRMÃ CONSOLATA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	511	440	477	455	459	460	343	286	3431

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

Tabela 12 – Alunado das Escolas de Ensino Fundamental noturno, ano de 2006.

Escolas de Ensino Fundamental	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	Total
EMEF LUIZ BADALOTTI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEF PAIOL GRANDE	-	-	-	1	4	11	18	16	50
EMEF OTHELO ROSA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEF D. PEDRO II	-	-	-	-	22	21	26	34	103
EMEF CRISTO REI – CAIC	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEF CARAS PINTADAS	8	6	2	4	17	14	13	19	83
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI DR. RUTHER ALBERTO VON MÜHLEN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI IRMÃ CONSOLATA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	8	6	2	5	43	46	57	69	236

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

Neste ano, de 2007, as Escolas Municipais de Erechim não atenderam no período noturno. Os alunos foram transferidos ao período diurno, já que a quantidade era pequena, as escolas não mantiveram expediente noturno neste ano de 2007.

Tabela 13 – Docentes e Servidores das Escolas de Ensino Fundamental e Educação Infantil, ano de 2006

Escolas	Docentes	Servidores	Total
EMEF LUIZ BADALOTTI	47	29	76
EMEF PAIOL GRANDE	36	23	59
EMEF OTHELO ROSA	33	46	79
EMEF D. PEDRO II	60	19	79
EMEF CRISTO REI – CAIC	40	43	83
EMEF CARAS PINTADAS	58	22	80
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	5	6	11
EMEI DR. RUTHER ALBERTO VON MÜHLEN	8	18	26
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	5	3	8
EMEI IRMÃ CONSOLATA	13	8	21
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	15	12	27
TOTAL	321	229	550

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

A Tabela 14 demonstra o consumo de água das Escolas por mês, relativo ao período histórico, janeiro a dezembro de 2006.

Tabela 14 – Relação do consumo de água nas Escolas, unidade de medida em metro cúbico mensal (m³)

Escola	EMEF LUIZ BADALOTTI	EMEF PAIOL GRANDE	EMEF OTHELO ROSA	EMEF OTHELO ROSA – EI	EMEF D. PEDRO II	EMEF CRISTO REI – CAIC	EMEF CARAS PINTADAS	EMEI SÃO CRISTÓVÃO	EMEI DR. R. ALBERTO VON MÜHLEN	EMEI BÖRTOLO BALVEDI	EMEI IRMÃ CONSOLATA	EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN
Jan	36	41	83	4	161	57	2037	49	-	6	19	40
Fev	82	14	63	4	145	35	55	111	-	2	5	42
Mar	108	54	72	15	224	136	164	135	-	7	28	45
Abr	166	81	58	25	260	155	235	91	-	20	37	49
Mai	130	86	89	23	231	163	306	64	-	23	32	44
Jun	166	120	130	23	207	206	313	83	-	23	59	55
Jul	150	177	118	26	254	229	349	113	-	31	71	93
Ago	153	147	102	20	218	193	291	161	-	29	0	56
Set	183	127	114	21	208	270	198	176	-	29	24	48
Out	184	137	136	20	276	221	296	210	-	14	25	81
Nov	262	113	125	30	197	191	391	250	-	33	32	63
Dez	280	133	73	29	204	255	334	283	-	26	33	47
Total ano	1900	1230	1163	240	2585	2111	4969	1726		243	365	663

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007) e Concessionária – CORSAN (2007).

Pode-se observar que a Escola com maior consumo é a EMEF Caras Pintadas, isto pode ser pelo fato de que, além da Escola ser de Educação Infantil e Ensino Fundamental, juntamente encontra-se o Posto de Saúde do Bairro, o hidrômetro que atende a escola também atende o Posto de Saúde. No mês de janeiro de 2006 houve vazamento no sistema, o que ocasionou um consumo de água elevado e fora da média dos meses do ano. Por esses motivos a mesma não será incluída nas análises de consumo de água.

Observa-se que nos meses de janeiro e fevereiro, que são os meses de recesso e férias, o consumo de água não teve muita redução, isto se deve a três fatores, sendo eles:

- a) No ano de 2006, aconteceu a pintura das escolas municipais, isto ocasionou um consumo de água nestes meses além do normal para o período, sendo que antes da pintura procede-se a lavagem das superfícies a serem pintadas;
- b) Os servidores, auxiliares de limpeza, realizam nestes períodos, limpeza geral nas escolas, chamado "mutirão da limpeza", contribuindo para o gasto de água;
- c) As escolas municipais que atendem da 4^a a 8^a séries, tem um programa especial, chamado de PROETI, Programa de Educação em tempo integral, no turno contrário a aula, com 22 projetos diferenciados, sendo que o PROETI atende também nas férias, só não atende do dia 20 a 30 de dezembro. No PROETI não é servido almoço na escola.

Sendo que o PROETI é oferecido no turno contrário à aula, isto significa que os alunos atendidos pelo Programa devem ser contabilizados como turno integral para o cálculo de consumo de água, são eles os alunos de 4^a a 8^a séries de todas as Escolas. Foi considerada a porcentagem de 20% dos alunos que participam do PROETI, tendo em vista alguns programas chamados universais, que são obrigatórios, os alunos escolhem os programas que querem participar e alguns são oferecidos fora da escola, por exemplo, natação, onde a Prefeitura tem um convênio com um clube da cidade para utilização da piscina. A porcentagem de 20% foi definida pela Secretaria da Educação.

Programas oferecidos pelo PROETI, AABB (Associação Atlética do Banco do Brasil) comunidade, xadrez, *karate*, balé clássico, *taekwon-Do*, manicure e embelezamento dos pés, projeto garçom garçonete, centro de educação ambiental, futebol de campo, cultura polonesa, cultura gaúcha, projeto *jazz*, banda infanto juvenil, futebol sete, cultura alemã, artes cênicas, habilidades manuais, projeto informática, projeto cultura afro-brasileira, musicalização com instrumentos, cultura italiana.

A EMEI Dr. R. Alberto Von Muller, tem consumo zero de água da concessionária, tendo em vista que a mesma localiza-se no prédio do SESI de Erechim, que conta com poço artesiano, não utilizando água da rede pública, somente em emergência. A concessionária cobra taxa mínima de água e em função disso, essa Escola não será considerada no trabalho.

Para o cálculo do indicador de consumo será necessário saber o número de dias úteis de medição de água referente a cada mês do ano de 2006, estes resultados estão apresentados na Tabela 15 e foram fornecidos pela concessionária. A quantidade de dias de medição não é igual em todos os meses devido a fatores como, medições realizadas em dias diferentes, como por exemplo sexta ou segunda – feira, sendo que a Corsan não realiza medições nos finais de semana, e porque nos meses do ano, não tem a mesma quantidade de dias. As medições são efetivas.

Tabela 15 – Relação da quantidade de dias de cada medição de água

Escola	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
EMEF LUIZ BADALOTTI	23	18	22	22	21	24	22	22	24	19	21	22
EMEF PAIOL GRANDE	22	20	21	21	21	24	22	22	24	30	24	23
EMEF OTHELO ROSA	21	20	22	21	21	24	22	22	24	28	22	24
EMEF OTHELO ROSA – EI	23	19	22	23	21	24	22	22	24	21	22	23
EMEF D. PEDRO II	22	21	22	21	21	24	22	22	24	34	22	23
EMEF CRISTO REI – CAIC	21	19	24	21	21	24	22	22	22	30	33	23
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	21	20	24	22	23	26	21	23	25	20	22	33
EMEI BÓRTOLO BALVEDI	22	20	22	22	21	24	22	22	24	15	22	23
EMEI IRMÃ CONSOLATA	23	19	21	22	21	24	22	22	24	19	21	22
EMEID. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	22	21	23	21	21	24	22	22	24	30	24	24

Fonte: Concessionária CORSAN (2007).

4.2 Histórico do consumo de água

Com o levantamento dos valores de consumos mensais de água relativos a janeiro e dezembro de 2006, foi calculado o consumo médio diário de cada mês. O resultado encontra-se na Tabela 16.

Tabela 16 – Consumo médio diário (Cm), em m³, de janeiro a dezembro de 2006, das Escolas da Rede Municipal de Erechim

Escola	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
EMEF LUIZ BADALOTTI	1,57	4,56	4,91	7,55	6,19	6,92	6,82	6,95	7,63	9,68	12,48	12,73	7,33
EMEF PAIOL GRANDE	1,86	0,70	2,57	3,86	4,10	5,00	8,05	6,68	5,29	4,57	4,71	5,78	4,43
EMEF OTHELO ROSA	3,95	3,15	3,27	2,76	4,24	5,42	5,36	4,64	4,75	4,86	5,68	3,04	4,26
EMEF OTHELO ROSA – EI	0,17	0,21	0,68	1,09	1,10	0,96	1,18	0,91	0,88	0,95	1,36	1,26	0,90
EMEF D. PEDRO II	7,32	6,90	10,18	12,38	11,00	8,63	11,55	9,91	8,67	8,12	8,95	8,87	9,37
EMEF CRISTO REI – CAIC	2,71	1,84	5,67	7,38	7,76	8,58	10,41	8,77	12,27	7,37	5,79	11,09	7,47
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	2,33	5,55	5,63	4,14	2,78	3,19	5,38	7,00	7,04	10,50	11,36	8,58	6,12
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	0,27	0,10	0,32	0,91	1,10	0,96	1,41	1,32	1,21	0,93	1,50	1,13	0,93
EMEI IRMÃ CONSOLATA	0,83	0,26	1,33	1,68	1,52	2,46	3,23	0,00	1,00	1,32	1,52	1,50	1,39
EMEI D. JOÃO A. HOFFMANN	1,82	2,00	1,96	2,33	2,10	2,29	4,23	2,55	2,00	2,70	2,63	1,96	2,38

Fonte: Secretaria Municipal de Educação (2007).

A coluna denominada “média” refere-se à média aritmética dos valores de consumo médio diário dividido por doze, que representa o número de meses da análise.

Analisando os valores de cada Escola, relacionado ao consumo médio diário de água, se observa que as Escolas que tem um maior consumo diário são a Escola Dom Pedro II, seguida pela Escola Cristo Rei e Escola Luiz Badalotti, pelo simples motivo de serem as três Escolas maiores, tanto na questão de área como de vagas.

4.3 Histórico do número de agentes consumidores

A Tabela 17 apresenta a relação dos agentes consumidores, alunos, a serem considerados no cálculo do indicador de consumo de água, em cada escola. Neste número já estão considerados os 20% a mais do PROETI das séries de 4^a a 8^a.

Tabela 17 – Relação dos alunos, unidade em pessoas

Escolas da Rede Municipal	Ed. Infantil	Ed. Fund. diurno	En. Fund. Noturno	TOTAL
EMEF LUIZ BADALOTTI	106	758	-	864
EMEF PAIOL GRANDE	72	559	50	681
EMEF OTHELO ROSA	-	601	-	601
EMEF OTHELO ROSA – Educação Infantil	105	-	-	105
EMEF D. PEDRO II	-	908	103	1011
EMEF CRISTO REI – CAIC	120	529	-	649
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	89	-	-	89
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	64	-	-	64
EMEI IRMÃ CONSOLATA	184	-	-	184
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	252	-	-	252
TOTAL GERAL				4500

4.4 Cálculo do indicador de consumo de água

O período de atividades a ser considerado no cálculo do indicador de consumo foi definido levando em consideração as seguintes observações:

- a) para o mês de janeiro – mês de férias dos alunos, o programa PROETI continua, mas somente para alunos voluntários e não é geral em todas as Escolas, nem todos os programas são oferecidos, além disso, a questão da pintura das Escolas se intensificou neste mês e o mutirão da limpeza, por estes motivos o mês de janeiro não será considerado na média por ser um mês atípico.
- b) para o mês de dezembro considerar apenas os primeiros 20 dias, desconsiderar o restante, do dia 20 ao dia 30, por ser período de recesso;
- c) para o mês de julho considerar somente as primeiras três semanas, desconsiderar a última semana, por ser período de férias de inverno;
- d) para o mês de fevereiro desconsiderar até o dia 20, por ser período de recesso, pelos mesmos motivos de mês de janeiro este mês não será considerado na média.

Observa-se que os períodos são considerados em função do cronograma de atividades das escolas. Os números aqui propostos foram os praticados nas Escolas da Rede Municipal de Erechim, no ano de 2006.

Assim, os valores de indicadores de consumo de água, obtidos mensalmente no período de janeiro a dezembro de 2006, são apresentados na tabela 18 e na figura 31.

A coluna ICh, refere-se ao Indicador de Consumo de água médio no período histórico.

Tabela 18 – Indicador de consumo IC, ano de 2006, em L/aluno/dia

Escola	EMEF LUIZ BADALOTTI	EMEF PAIOL GRANDE	EMEF OTHELO ROSA	EMEF OTHELO ROSA – EI	EMEF D. PEDRO II	EMEF CRISTO REI – CAIC	EMEI SÃO CRISTÓVÃO	EMEI BÓRTOLO BALVEDI	EMEI IRMÃ CONSOLATA	EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN
Mar	5,43	3,45	5,21	6,21	9,73	9,11	65,95	4,75	6,62	7,76
Abr	10,67	6,61	5,36	13,23	11,29	13,27	56,47	17,36	11,17	10,8
Mai	6,84	5,74	6,73	9,96	12,82	11,42	32,68	16,34	7,9	7,94
Jun	9,15	8,39	10,3	10,43	9,85	15,11	44,41	17,11	15,27	10,39
Jul	11,57	17,33	13,09	16,51	16,92	23,52	84,64	32,29	25,72	24,6
Ago	7,7	9,38	7,38	8,28	9,47	12,93	78,65	19,7	-	9,66
Set	10,59	9,32	9,48	10	10,39	20,8	98,87	22,66	6,52	9,52
Out	10,14	9,58	10,78	9,07	13,13	16,21	112,36	10,42	6,47	15,31
Nov	15,16	8,3	10,4	14,29	9,84	14,71	140,45	25,78	8,28	12,5
Dez	23,15	13,95	8,68	19,73	14,56	28,07	227,13	29,02	12,81	13,32
ICH	11,04	9,2	8,74	11,77	11,8	16,52	94,16	19,54	11,2	12,18

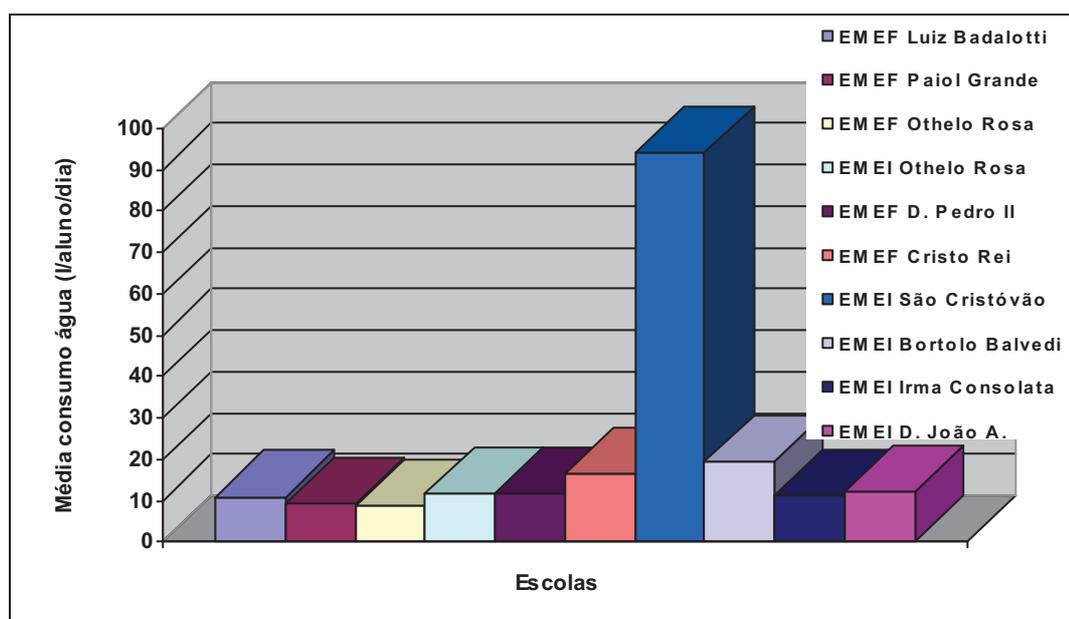


Figura 31 – Consumo médio diário de água por Escola, ano de 2006

4.5 Diagnóstico preliminar sobre o consumo de água

Observa-se na tabela 18 e na figura 31 o consumo médio diário de água por agente consumidor em cada escola analisada, que a Escola São Cristóvão tem um consumo elevado, fora dos parâmetros das outras escolas analisadas, buscou-se a explicação e

resultou em que a Escola possui um hidrômetro em conjunto com o CECRIS (Centro Cultural e Assistencial São Cristóvão), que se localiza no mesmo terreno.

A figura 32 apresenta o consumo médio diário das escolas sem a Escola São Cristóvão.

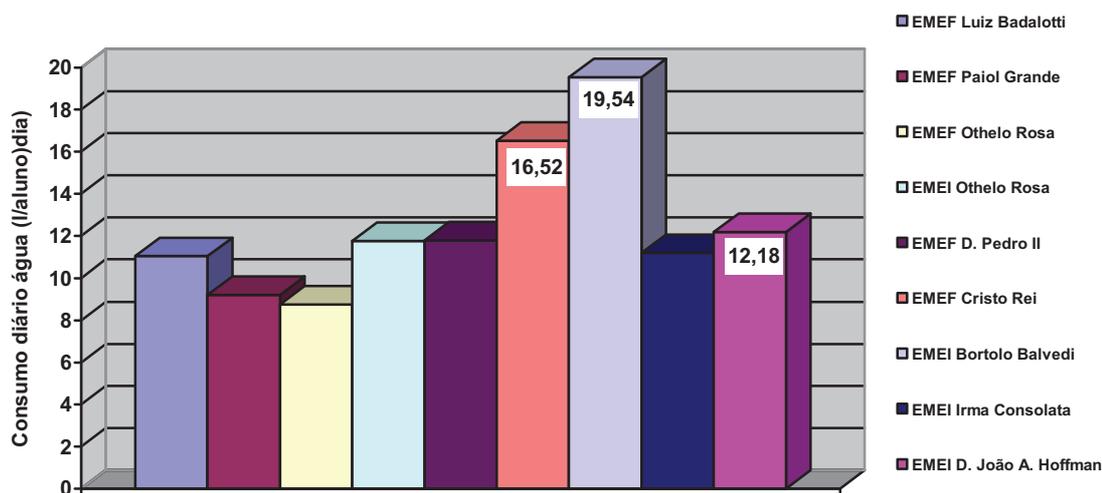


Figura 32 – Consumo médio diário de água por Escola, ano de 2006

Observa-se que existe uma homogeneidade entre as Escolas Luiz Badalotti, Paiol Grande, Othelo Rosa Fundamental e Infantil, D. Pedro II e Irmã Consolata, uma média de 10,62 l/aluno/dia.

Considera-se, então que a média de consumo diário das Escolas é de 10,62 litros por aluno por dia, e que as Escolas Cristo Rei, Bortolo Balvedi e D. João Aloísio Hoffman estão acima da média de consumo de água.

A Escola Cristo Rei é Ensino Fundamental e Educação Infantil, com ICh = 16,52 l/aluno/dia, a Escola Bortolo Balvedi é Educação Infantil, com ICh = 19,54 l/aluno/dia, e a Escola D. João Aloísio Hoffman é Educação Infantil, com ICh = 12,18 l/aluno/dia.

Então, calcula-se o valor do consumo médio mensal estimado – Cme para as escolas.

O número de vagas corresponde ao número de alunos, segundo informação da Secretaria de Educação, as Escolas trabalham com lotação máxima.

A área construída de cada escola foi levantada juntamente com o levantamento e conferência *in loco* dos projetos arquitetônicos.

Tabela 19 – Consumo médio mensal estimado (Cme), em m³

Escola	Cme (m³/mês)
EMEF LUIZ BADALOTTI	307,71
EMEF PAIOL GRANDE	279,00
EMEF OTHELO ROSA	250,48
EMEF OTHELO ROSA – EI	58,69
EMEF D. PEDRO II	243,15
EMEI CRISTO REI – CAIC	320,96
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	56,89
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	40,40
EMEI IRMÃ CONSOLATA	87,75
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	98,06

Como não se possui os estudos de regressão para a população estudada, o consumo mensal estimado de água, se calcula a partir da metodologia de Oliveira (1999) que recomenda a equação 3 da pág. 87, referente a Escolas de 1º e 2º graus.

Considerando-se o consumo médio mensal estimado para cada Escola conforme Tabela 19, calcula-se o valor médio do indicador de consumo, ICe de cada Escola, considerando dias úteis, 22 dias e tem-se a Tabela 20:

Tabela 20 – Indicador de consumo estimado, Ice, em L/aluno/dia

Escola	ICe (L/aluno/dia)
EMEF LUIZ BADALOTTI	16,19
EMEF PAIOL GRANDE	18,62
EMEF OTHELO ROSA	18,94
EMEF OTHELO ROSA – EI	25,40
EMEF D. PEDRO II	11,04
EMEI CRISTO REI – CAIC	22,48
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	24,63
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	19,95
EMEI IRMÃ CONSOLATA	16,21
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	15,09

A Tabela 21 apresenta a comparação entre o indicador de consumo das Escolas analisadas e o indicador de consumo estimado.

Tabela 21 – Comparação do indicador de consumo IC, e indicador de consumo estimado, Ice, das Escolas da Rede Municipal de Erechim, em L/aluno/dia

Escola	ICh (L/aluno/dia)	ICe (L/aluno/dia)
EMEF LUIZ BADALOTTI	11,04	16,19
EMEF PAIOL GRANDE	9,20	18,62
EMEF OTHELO ROSA	8,74	18,94
EMEF OTHELO ROSA – EI	11,77	25,40
EMEF D. PEDRO II	11,80	11,04
EMEI CRISTO REI – CAIC	16,52	22,48
EMEI SÃO CRISTÓVÃO	94,16	24,63
EMEI BÖRTOLO BALVEDI	19,54	19,95
EMEI IRMÃ CONSOLATA	11,20	16,21
EMEI D. JOÃO ALOÍSIO HOFFMANN	12,18	15,09

Como relatado anteriormente a EMEI São Cristóvão possui um hidrômetro em conjunto com o CECRIS, por isso a diferença de ICh e ICe.

Os valores de indicadores de consumo histórico de cada Escola estudada resultaram em valores abaixo do indicador de consumo estimado, isto indica que, a Rede Municipal de Ensino de Erechim, gasta menos água do que o estimado. Os resultados apontam para um consumo aparentemente sem desperdícios nas Escolas Municipais de Erechim.

Uma única Escola possui o ICh maior que o ICe que é a Escola D. Pedro II, apesar da diferença ser pequena, ICh = 11,80 e ICe = 11,04. Na visita feita na Escola referente ao projeto arquitetônico pode-se observar que existem vazamentos visíveis em torneiras e bacias sanitárias, observou-se também que a Escola é antiga e não passou por nenhuma reforma desde a construção.

Calcula-se o valor do desperdício diário estimado – DDe no período histórico, da Escola D. Pedro II.

A partir deste valor pode-se estimar um desperdício diário de água de 760,76 litros, ou seja, 0,761 m³ por dia.

O valor do índice de desperdício estimado – Ide é 6,44%.

O resultado indica, para a Escola D. Pedro II, um índice de desperdício de água para o sistema de, aproximadamente, 6,44% do consumo total.

Apesar das Escolas da Rede Municipal de Erechim terem um indicador de consumo baixo propõe-se que seja implantado a continuação deste trabalho com a implantação do PURA, na escola relacionada a seguir:

» EMEF D. Pedro II, Ensino Fundamental e Educação Infantil, a Escola apresenta um índice de desperdício; 6,44%

Como relatado na Introdução, nas edificações escolares públicas, é freqüente o uso não racional de água, uma vez que os usuários não são os responsáveis diretos pelo pagamento da conta de água. Os trabalhos apresentados na revisão bibliografia mostram que o normal de consumo de água em escolas é superior ao estimado.

Um exemplo é descrito em Oliveira (1999) que, por meio de estudo realizado na Escola Estadual de primeiro e segundo graus Fernão Dias Paes, na cidade de São Paulo, obteve um consumo médio diário de água de 81,1 l/aluno/dia, sendo que o estimado é de 11,6 l/aluno/dia, demonstrando um desperdício de 69,5 l/aluno/dia, correspondente a um índice de desperdício de água de 85,6% do consumo total, as pesquisas apontaram para a descoberta de um vazamento na tubulação de entrada.

Seguindo a metodologia de Oliveira (1999) as Escolas da Rede Municipal de Erechim demonstram um valor de consumo histórico abaixo do consumo estimado, o que não significa que estas não possuam vazamentos ou desperdício da água potável, pois os consumos estimados calculados resultaram em valores elevados. O que leva a questionar que os parâmetros de cálculo de consumo estimado, utilizados na fórmula da metodologia não são os mais adequados para a população em estudo.

Em visita realizada a Secretaria Municipal de Educação, para divulgar os resultados da pesquisa e propor a continuação do trabalho com a implantação do PURA, na EMEF D. Pedro II, que é de Ensino Fundamental e Educação Infantil, foi informado pelo Departamento Técnico, que a Escola citada seria reformada a partir do mês de novembro de 2007.

A reforma a ser realizada, consta de reforma total da escola com ampliação da mesma, como relatado anteriormente, na visita para levantamento cadastral da escola, foram detectados vazamentos visíveis em função de falta de manutenção e da idade avançada da construção.

Com as informações obtidas, sendo que no período de aplicação da continuação do trabalho, a escola estaria passando por reforma, inclusive no sistema hidráulico, base para este trabalho, direcionou-se o trabalho para avaliação de aplicação de sistemas de fontes alternativas de água não potável, para as escolas da Rede Municipal de Erechim.

Baseado nestas informações, partiu-se para a avaliação de aplicação de fontes alternativas de água não potável.

4.6 Avaliação de aplicação de fontes alternativas de água não potável

Das fontes alternativas de água citadas na revisão bibliográfica, que são, água da chuva, água cinza, água subterrânea e água envasada, para as edificações escolares em questão, serão analisadas duas, a água da chuva e a água cinza.

A água da chuva é uma fonte alternativa importante, principalmente para as regiões onde o regime pluviométrico é generoso, na cidade de Erechim, local da pesquisa em questão, a precipitação pluviométrica chega a 1.827mm ano (FEPAGRO, 2008).

A água cinza é aquela proveniente dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar. Quantitativamente, reconheceu-se que seu uso se justifica, deve-se tomar cuidado

relacionado a possíveis contaminações, ou seja, segurança sanitária, dos alunos e servidores que utilizam a edificação e o sistema, já que o mesmo se constitui de tubulações separadas para água potável e de reúso, não potável, neste caso, a água cinza.

Tendo em vista o ambiente em questão neste trabalho, optou-se por trabalhar a questão de utilização da água da chuva somente para fins não potáveis.

4.7 Concepção de projeto de aproveitamento de águas pluviais

A escolha foi pela tipologia escolar, e a quantidade de amostras será a Escola Paiol Grande, localizada na Rua Sueli Maria Girardello, 205, Bairro Paiol Grande, na cidade de Erechim-RS.

A figura 33 mostra a Escola e o Ginásio Esportivo.



Figura 33 – Fotos da Escola e Ginásio Esportivo

A Escola é de Educação Infantil e Ensino Fundamental; compreende o Ensino Fundamental 8 (oito) anos, divididos em 1ª a 8ª séries e Educação Infantil, Creche e Pré.

Os horários de atendimento são:

- a) Turno da manhã: das 7h e 30 min às 11h e 30 min;
- b) Turno da tarde: das 13 horas às 17 horas;

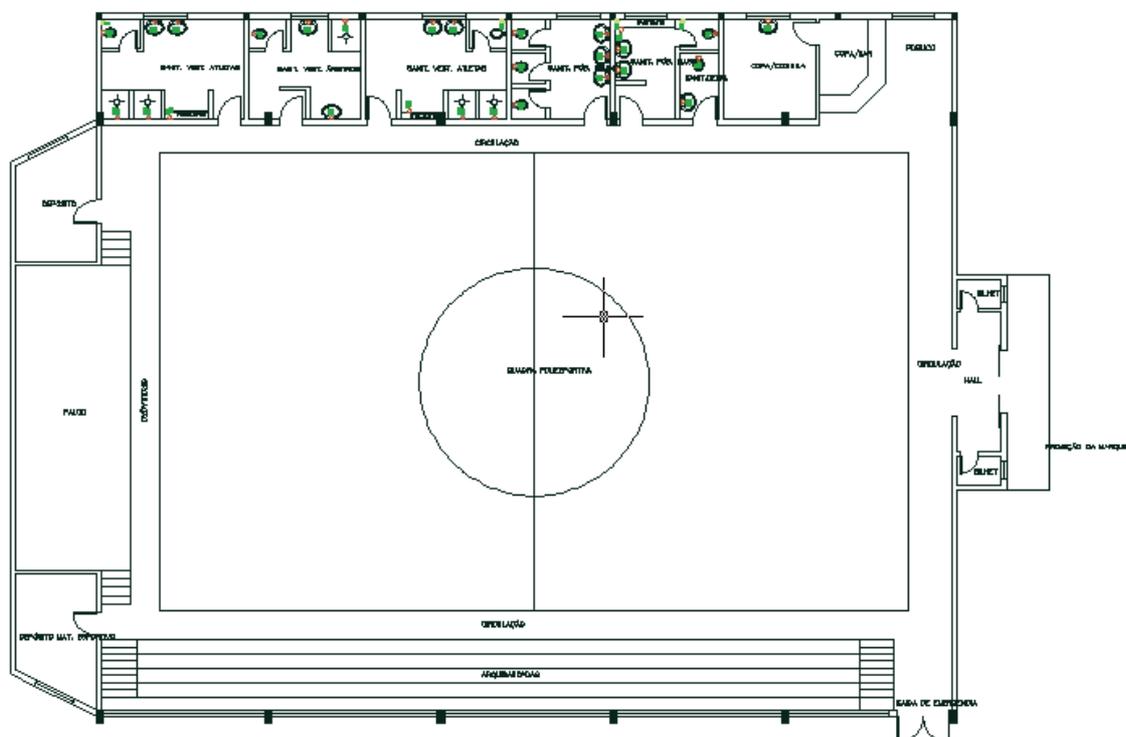
A Escola possui Ginásio Esportivo, piso térreo, 1º piso e 2º piso, divididos entre salas de aula, banheiros, cozinha, refeitório, corredores, como é representado na figura 40.

Na tabela 22 estão relacionadas as áreas da Escola, por pavimento mais ginásio esportivo.

Tabela 22 – Planilha de áreas da Escola Paiol Grande, por pavimento

	Térreo	1º piso	2º piso	Total geral (m ²)
Escola (m ²)	938,75	938,75	707,96	2585,46
Ginásio (m ²)	812,42			812,42
Total por pavimento (m ²)	1751,17	938,75	707,96	3397,88
Total geral (m²)				3397,88

Nas figuras 34, 35, 36 e 37, a seguir, são apresentados os projetos das plantas baixas da Escola e do Ginásio de Esportes.



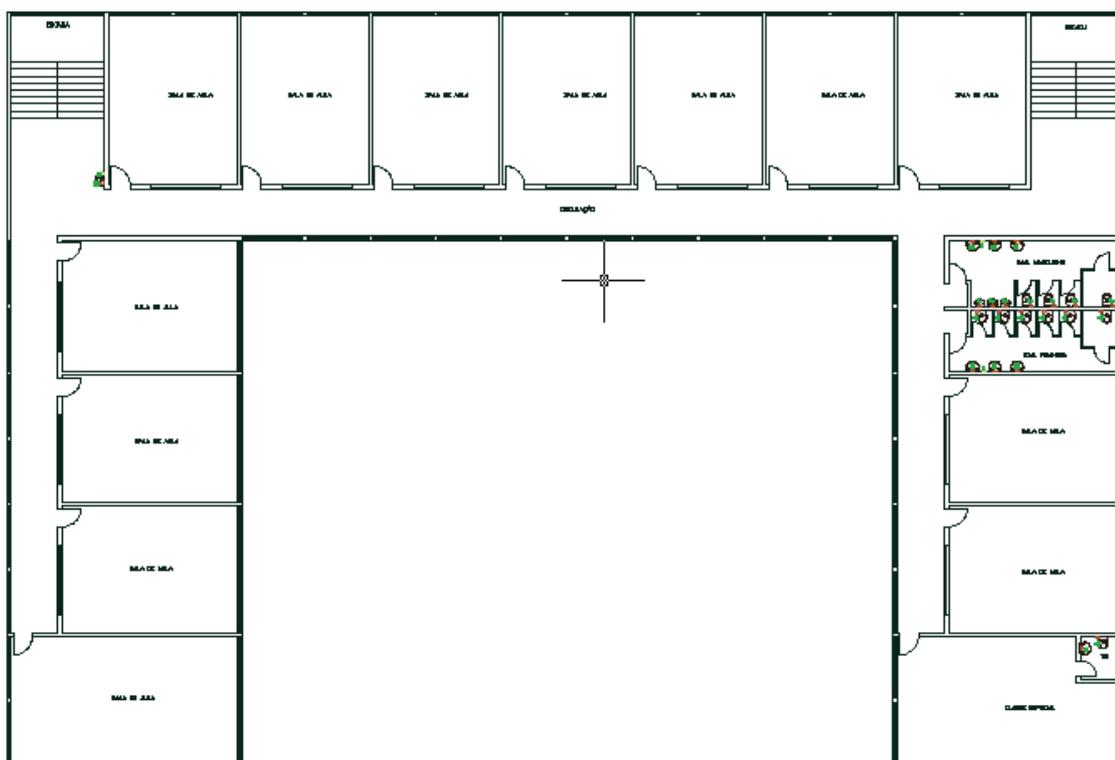
Fonte: Escola Paiol Grande (Erechim-RS, 2008).

Figura 34 – Planta baixa do Ginásio de Esportes



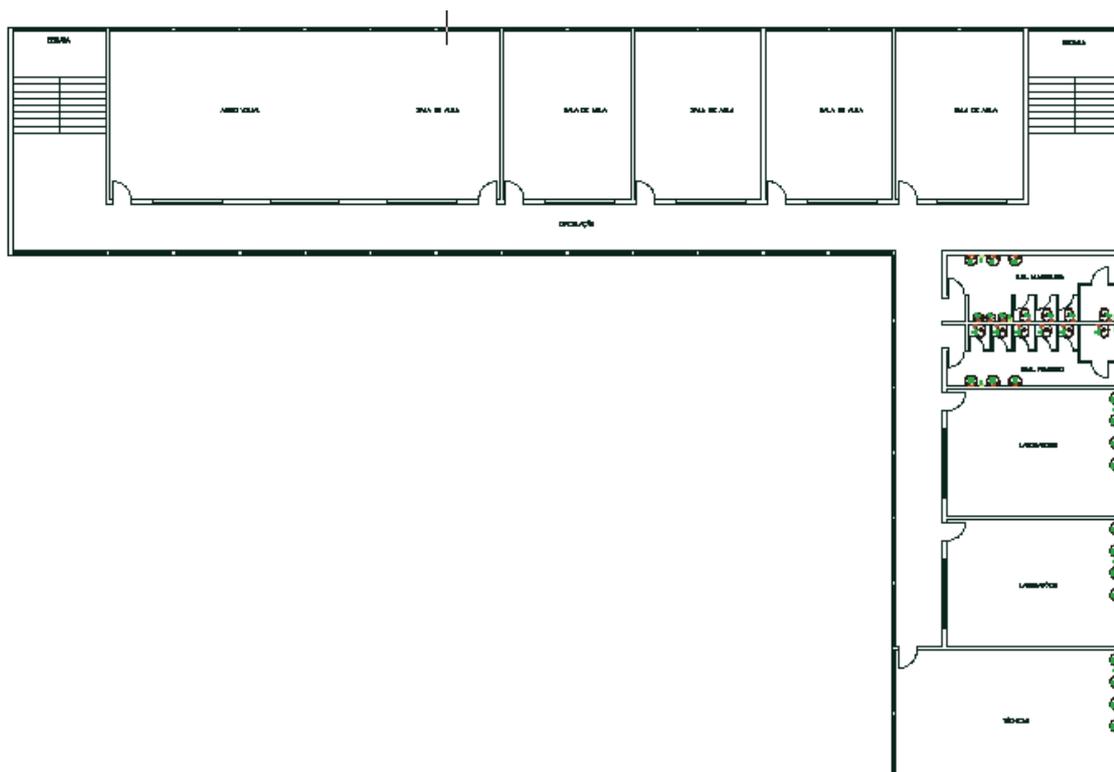
Fonte: Escola Paiol Grande (Erechim-RS, 2008).

Figura 35 – Planta baixa pavimento térreo – Escola



Fonte: Escola Paiol Grande (Erechim-RS, 2008).

Figura 36 – Planta baixa primeiro pavimento – Escola



Fonte: Escola Paiol Grande (Erechim-RS, 2008).

Figura 37 – Planta baixa segundo pavimento – Escola

4.7.1 Determinação do tipo e da quantidade de amostras

Foram realizadas análises qualitativas das águas pluviais coletadas nesta amostra, as quais deverão dar parâmetros para a aplicação ou não de sistemas de filtragem e tratamento para a água coletada.

4.7.1.1 Caracterização da amostra (escola)

A proposta é a utilização de água pluvial para rega de jardins, lavagem de calçadas e pátios e descarga de bacias sanitárias.

A escola conta com calha na frente da construção, o que não é suficiente para a coleta das águas de chuva, necessitando serem instaladas calhas em todo o prédio da escola e ginásio de esportes as quais serão dimensionadas adiante.

A figura 38 mostra as calhas da parte frontal do prédio, onde foram realizadas as coletas das amostras para análise.



Fonte: Escola Paiol Grande (Erechim-RS, 2008).

Figura 38 – Calhas da parte frontal

4.7.2 Análises quantitativas das águas pluviais

4.7.2.1 A intensidade pluviométrica da cidade analisada

No quadro 8 pode-se observar a intensidade pluviométrica para a cidade de Erechim, nos últimos quarenta e dois anos, pois é a partir dessa média mensal que se irá dimensionar o sistema de utilização de águas pluviais.

Observa-se que alguns meses estão com marcação zero, isto se deve ao fato de que não houve coleta dos dados nestes meses.

Dados Meteorológicos de Erechim – Precipitação Mensal

	Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maiο	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	1966	73,3	287,4	99,9	17,7	13	285,7	146,6	195,2	97,1	306,3	64,1	184,8
2	1967	100,7	106,6	147	21,8	109,6	38,7	99,9	270,6	150,8	179,4	81,2	73,8
3	1968	95,6	66	183,8	184,4	18,8	72,8	125,4	14,7	183,5	77,3	173,9	190,2
4	1969	228,4	113,8	138,7	96,3	120,6	119,5	61,2	62,4	147,2	124,7	190,1	102,4
5	1970	101,2	65,1	94	84,8	277,5	303,4	141	97,1	120,9	185,8	24,7	461,9
6	1971	167,6	245,2	73,8	208,5	135,4	290,3	110,9	166,6	150,2	78,7	39,2	117,8
7	1972	133,3	207,2	154,1	125,7	45,4	391,3	148,3	300,1	379,1	91	253,3	43,7
8	1973	248,4	161,2	32,3	137,2	204,5	206,6	264,1	213	146	170,8	35	189,9
9	1974	101	81,1	-	-	-	195,9	19,7	94,4	47,6	34,4	162	101,4
10	1975	167,1	197	61,2	74,8	78	132,3	75,2	143,6	193,8	207,9	124,1	161,4
11	1976	183,4	53,7	146,4	34,4	80,7	65,8	140,9	136,6	121	199	259,9	109,9
12	1977	213,5	160	165,3	42,7	51,9	215,1	142,3	-	105,8	142,9	171	65,7
13	1978	187,3	17,7	128,8	21,6	30	72,1	151,3	51,1	134,6	156,9	194,9	133
14	1979	7,6	163,6	140,4	176,7	212,1	50,2	180,1	158,9	130,6	343,9	157,6	191,3
15	1980	93,6	66,8	85,7	57,2	172,4	97,5	137	101,5	141,4	175	-	59,7
16	1981	202,6	150,7	50,8	176,8	22,8	99,3	34,9	93,1	156,6	77,3	244,9	336,4
17	1982	43,4	175,4	76,5	44	129,1	193,4	140,5	172,2	152,2	260,1	267,6	77,6
18	1983	259,7	224,5	148,4	247,4	345	156,3	668,3	154,5	170,9	156,8	162,3	106,7
19	1984	182,1	103,8	129,1	116,4	175,5	250,6	261,8	399,7	245,7	166,1	247,1	103,3
20	1985	53,7	160,1	149	117,1	120,5	89,5	105,8	163,6	112,6	89	58,4	109,7
21	1986	112	133,8	129	274,6	171,2	98,8	64,6	150,1	153,5	119,6	136,2	103,9
22	1987	139	157,2	88,8	336,4	263,1	114,1	269	88,3	113,6	219,4	80,6	173,4
23	1988	205,8	76,9	90	255	228,7	71,6	18,8	18,2	137,4	127,6	99,2	144,7
24	1989	204,4	161	115,2	116,4	79,6	100,8	113,8	181,2	268	148,6	124,4	70
25	1990	-	134	67	200	222,8	298,5	143,8	73,8	229,1	225,8	257,1	109,8

Continua...

		...Continuação													
26	1991	151,8	39,9	59,3	90,2	46,6	199	140,2	36,6	60,3	151	95	351		
27	1992	214	225,6	263,4	122,1	628,9	335,2	205,7	127	235,3	359,7	293	215,3		
28	1993	243,2	114,5	397,6	98,8	265,7	225,3	509,6	49,4	279,8	334,4	114,2	213,8		
29	1994	99,4	457,1	122,6	313,2	282,8	224,5	282,8	15,4	166,3	355,2	320	204,4		
30	1995	295,5	155,5	130,3	93,6	29,8	264,7	144	159,4	222,2	209,4	92,2	67,2		
31	1996	551,2	194,5	201,6	50,4	66,5	153,4	157,4	265,4	168,8	203,4	63,2	138,4		
32	1997	106,4	179,7	32	80	90,6	227,5	232,3	284,2	326,7	570,6	261,1	171,2		
33	1998	284,7	358,3	261,1	250,7	232,8	100	173,8	243,1	266,4	147,6	32,5	83,5		
34	1999	83,5	-	78,5	173,8	37	173,8	207,2	18,9	98,7	162,5	52,7	145,5		
35	2000	106,8	69,5	204,3	82,8	107,5	179,8	144,3	64,3	193,1	139,3	67,4	132,1		
36	2001	0,0	155,7	63,9	102,6	136,0	101,9	111,1	53,5	210,3	162,2	82,6	111,6		
37	2002	61,4	26,2	103,1	125,0	198,8	185,8	140,1	221,9	226,8	272,8	235,5	244,9		
38	2003	89,3	142,6	136,7	131,1	31,8	137,4	93,1	74,2	32,1	170,0	176,7	299,3		
39	2004	118,5	83,4	97,2	153,6	115,8	58,1	134,7	63,2	162,5	177,4	107,3	35,4		
40	2005	186,8	14,5	129,8	197,6	221,8	252,4	96,9	152,0	168,8	299,5	86,3	104,7		
41	2006	130,2	146,2	142,3	44,9	38,0	125,3	75,4	147,2	120,1	82,3	302,7	175,9		
42	2007	152,5	125,9	162,3	170,7	316,5	0,0	0,0	108,7	87,2	178,7	206,4	118,0		
	SOMA	6.968,40	6.496,90	5.652,80	5.953,50	6.515,50	7.366,30	7.227,10	6.131,10	7.744,80	8.921,00	6.543,90	6.734,80		
	MÉDIA	162,06	151,09	128,47	135,31	148,08	167,42	164,25	139,34	172,11	198,24	148,73	149,66		

Fonte: Centro de Meteorologia Aplicada, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO (2008).

Quadro 8 – Intensidade pluviométrica para a cidade de Erechim nos últimos 42 anos

Após conhecer a média mensal dos últimos quarenta e dois anos, se calculou a média anual, que é de 155,40 mm/h, este será o valor adotado para a Escola em questão.

4.7.2.2 Análise do consumo de água da tipologia escolar

O quadro 9 mostra as utilizações da água pluvial não potável, na tipologia escolar, e a Figura 39 mostra a localização destas áreas no entorno da Escola e do Ginásio de Esportes.

	Rega de jardins	Lavagem de calçadas	Bacia Sanitária
Escolar	X	X	X

Quadro 9 – Utilização de água pluvial não potável nas Escolas



Figura 39 – Marcação das áreas de jardins e calçadas

O dimensionamento das áreas citadas é apresentado na seqüência.

» Rega de jardim

A Escola funciona em media 22 dias por mês, portanto será utilizado este parâmetro.

Consumo Mensal rega de jardim = $109,40 \text{ m}^2 \times 0,8\text{L}/\text{dia}/\text{m}^2 \times 22 \text{ dias}$.

Consumo Mensal rega de jardim = **1.925,44 L por mês.**

» Lavagem de calçadas

A Escola pretende lavar as calçadas, com mais freqüência, tendo o sistema de aproveitamento de água de chuva em funcionamento, portanto definiu-se 4 vezes ao mês.

Consumo mensal lavagem calçadas = $1.101,86 \text{ m}^2 \times 4\text{vezes}/\text{mês} \times 3\text{L}/\text{dia}/\text{m}^2$.

Consumo mensal lavagem calçadas = **13.222,32 L por mês.**

» Bacia Sanitária

Cálculo da População

Tem-se a população real da escola em questão, utiliza-se 681 pessoas.

Consumo bacia sanitária: $1,5 \text{ vezes}/\text{dia} \times \text{Lts}/\text{descarga} \times 22 \text{ dias (dias úteis no mês)}$
 $\times \text{população total}$.

A Escola possui o sistema de caixa de descarga, com capacidade de 6 L, conforme figura 40.



Figura 40 – Caixa de descarga de sobrepor e sistema de bacia sanitária

Consumo bacia sanitária= 1,5 vezes/dia x 6 Lts/descarga x 22 dias úteis x 681 pessoas.

Consumo comercial bacia sanitária = **134.838,00 L por mês.**

» Cálculo do consumo mensal

Para a obtenção do consumo mensal da edificação em estudo, é necessário a soma de todos os consumos, bacia sanitária, lavagem calçadas e rega de jardins é que fornecerá parâmetros para o dimensionamento do reservatório e demais equipamentos que compõe o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Consumo mensal = Rega de jardins + Lavagem de calçadas + Bacia Sanitária

Consumo mensal = 149.985,76 L/mês ou 149,98 m³ por mês.

4.7.3 Análises qualitativas das águas pluviais

Procedeu-se análises de águas pluviais antes de atingir o solo, foram realizadas duas coletas, no mesmo dia e horário citado anteriormente, as análises foram realizadas nos mesmos laboratórios credenciados.

No quadro 10 tem-se os resultados das águas da chuva antes de atingir o solo, as quais foram coletadas na área da Escola em questão diretamente da atmosfera.

Parâmetros	Resultado 1º análise	Resultado 2º análise	Diretrizes ¹
DB05 (mg/L O ₂)	2	1,4	USEPA= ≤ 10 mg/L RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 200 (para Q≤20m ³ /dia) CONAMA CLASSE 1 = 3 CONAMA CLASSE 2= 5 ABNT NBR 15527/07=sem indicação
DQO (mg/L O ₂)	5,34	3,98	RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 450 (para Q≤20m ³ /dia) ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Sólidos Totais (mg/L)	0,66	2	SEM INDICAÇÃO
pH	6,9	6,77	CONAMA = 6,0 a 9,0 MS= 6,0 a 9,5 USEPA= 6,0 A 9,0 ABNT NBR 15527/07=6,0 a 8,0
Nitrato (mg/L)	ND	ND	CONAMA= 10 mg/L MS = 10 mg/L ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Ferro (mg/L)	ND	0,01	MS = 0,3 mg/L CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,3 ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Bactérias Heterotróficas (UFC/MI)	2,1 X 10 ⁵	1,9 X 10 ²	SEM INDICAÇÃO
Coliformes fecais (NMP/100MI)	2,6	<1,1	RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA= ≤ 300 CONAMA CLASSE 1 = 200 CONAMA CLASSE 2= 1000 ABNT NBR 15527/07=ausência em 100ml
Coliformes Totais (NMP/100 MI)	>8,0	<1,1	CONAMA CLASSE 1 = 1000 CONAMA CLASSE 2= 5000 ABNT NBR 15527/07=ausência em 100ml
Chumbo (mg/L)	ND	ND	CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,01 ABNT NBR 15527/07=sem indicação

¹Diretrizes:

CONAMA = CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4º.
MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria no 1469 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16º.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Manual: Guidelines for water reuse. (EPA/625/R-92/004) apud ROGGIA (2006)

RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE.

ABNT NBR 15527/07 de 24 de outubro de 2007.

ND = não detectável

Quadro 10 – Resultado das análises da água de chuva antes de atingir o telhado.

Observa-se, no quadro acima, que os resultados estariam ótimos, mas infelizmente precisa-se de uma área de coleta para as águas das chuvas, e é aí que pode ocorrer alguma contaminação da água da chuva, o que exige tratamento da mesma.

No quadro 11 tem-se o resultado das análises de águas pluviais da Escola Paiol Grande, as coletas foram realizadas no condutor vertical e após 5 minutos de chuva, descartando a primeira água.

Neste quadro, encontra-se o resultado das análises, e as diretrizes recomendadas para cada parâmetro.

Parâmetros	Resultado 1º análise	Resultado 2º análise	Diretrizes ¹
DB05 (mg/L O2)	39	4,1	USEPA= ≤ 10 mg/L RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 200 (para Q≤20m ³ /dia) CONAMA CLASSE 1 = 3 CONAMA CLASSE 2= 5 ABNT NBR 15527/07=sem indicação
DQO (mg/L O2)	93	12,4	RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 450 (para Q≤20m ³ /dia) ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Sólidos Totais (mg/L)	12	22	SEM INDICAÇÃO
pH	7,46	7,2	CONAMA = 6,0 a 9,0 MS= 6,0 a 9,5 USEPA= 6,0 A 9,0 ABNT NBR 15527/07=6,0 a 8,0
Nitrato (mg/L)	2,90	ND	CONAMA= 10 mg/L MS = 10 mg/L ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Ferro (mg/L)	0,08	0,1	MS = 0,3 mg/L CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,3 ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Bactérias Heterotróficas (UFC/MI)	1,8 X 10 ⁵	2,1 X 10 ³	SEM INDICAÇÃO
Coliformes fecais (NMP/100MI)	>8,0	8,0	RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 300 CONAMA CLASSE 1 = 200 CONAMA CLASSE 2= 1000 ABNT NBR 15527/07=ausência em 100ml
Coliformes Totais (NMP/100 MI)	>8,0	8,0	CONAMA CLASSE 1 = 1000 CONAMA CLASSE 2= 5000 ABNT NBR 15527/07=ausência em 100ml
Chumbo (mg/L)	ND	ND	CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,01 ABNT NBR 15527/07=sem indicação

¹Diretrizes:

CONAMA = CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4º.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria no 146 9 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16º.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Manual: Guidelines for water reuse. (EPA/625/R-92/004) apud ROGGIA (2006)

RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE.

ABNT NBR 15527/07 de 24 de outubro de 2007.

ND = não detectável

Quadro 11 – Resultado das análises da água de chuva do telhado 5 minutos de chuva.

A partir destas análises, pode-se comprovar que o local de coleta da Escola é um local livre de grandes contaminações. Pode-se observar que os índices estão dentro dos parâmetros recomendados. Um dos fatores preocupantes na coleta de água pluvial são os

coliformes fecais, nestas análises os índices estão dentro das diretrizes recomendadas, sendo assim excelente a qualidade da água coletada na escola.

O sistema proposto para filtragem é o sistema de filtro de areia, acompanhado de um dispositivo separador de folhas e galhos. Tratando-se de tipologia de edificação escolar, após o sistema de filtragem, recomenda-se um sistema de tratamento da água por desinfecção, em função de possível contato da água pluvial nas bacias sanitárias pelos alunos. Porém, após a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e da aplicação do plano de monitoramento, se verifica a necessidade ou não da implantação do sistema de tratamento de água por desinfecção, e, se necessário, o mesmo deverá ser dimensionado, a partir dos resultados obtidos.

Foram coletadas água de chuva do telhado, logo na saída da calha, a chamada primeira água de chuva, que será descartada neste sistema, para se ter parâmetros de qualidade desta água e concluir se realmente é necessário o dispositivo de autolimpeza. Os resultados são apresentados a seguir.

Parâmetros	Resultado 1º análise	Resultado 2º análise	Diretrizes¹
DB05 (mg/L O2)	74	32	USEPA= ≤ 10 mg/L RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 200 (para Q≤20m³/dia) CONAMA CLASSE 1 = 3 CONAMA CLASSE 2= 5 ABNT NBR 15527/07=sem indicação
DQO (mg/L O2)	138	76	RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 450 (para Q≤20m³/dia) ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Sólidos Totais (mg/L)	28	142	SEM INDICAÇÃO
pH	7,14	7,02	CONAMA = 6,0 a 9,0 MS= 6,0 a 9,5 USEPA= 6,0 A 9,0 ABNT NBR 15527/07=6,0 a 8,0
Nitrato (mg/L)	2,84	0,18	CONAMA= 10 mg/L MS = 10 mg/L ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Ferro (mg/L)	0,20	0,16	MS = 0,3 mg/L CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,3 ABNT NBR 15527/07=sem indicação
Bactérias Heterotróficas (UFC/MI)	1,3 x 101	6,0 X 102	SEM INDICAÇÃO

Continua...

			...Continuação
Coliformes fecais (NMP/100MI)	<1,1	2,6	RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = ≤ 300 CONAMA CLASSE 1 = 200 CONAMA CLASSE 2 = 1000 ABNT NBR 15527/07 = ausência em 100ml
Coliformes Totais (NMP/100 MI)	1,1	>8,0	CONAMA CLASSE 1 = 1000 CONAMA CLASSE 2 = 5000 ABNT NBR 15527/07 = ausência em 100ml
Chumbo (mg/L)	ND	ND	CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,01 ABNT NBR 15527/07 = sem indicação

¹Diretrizes:

CONAMA = CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4°.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria no 1469 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16°.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Manual: Guidelines for water reuse. (EPA/625/R-92/004) apud ROGGIA (2006)

RESOLUÇÃO 128/06 do CONSEMA = CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE.

ABNT NBR 15527/07 de 24 de outubro de 2007.

ND = não detectável

Quadro 12 – Resultado das análises da água de chuva do telhado, início da chuva.

O quadro 13 apresenta a comparação entre os resultados da água do telhado no início da chuva e após 5 minutos de chuva, observa-se que a diferença dos valores é considerável, bem abaixo, mostrando a importância do descarte da primeira água de chuva e explicando o porquê da instalação do reservatório de autolimpeza, neste caso de tonel, no sistema de aproveitamento de águas de chuva.

Parâmetros	Resultado telhado	Resultado telhado 5 min
DB05 (mg/L O ₂)	32	4,1
DQO (mg/L O ₂)	76	12,4
Sólidos Totais (mg/L)	142	22
pH	7,02	7,2
Nitrato (mg/L)	0,18	ND
Ferro (mg/L)	0,16	0,1
Bactérias Heterotróficas (UFC/MI)	6,0 X 10 ²	2,1 X 10 ³
Coliformes fecais (NMP/100MI)	2,6	8,0
Coliformes Totais (NMP/100 MI)	>8,0	8,0
Chumbo (mg/L)	ND	ND

ND = não detectável

Quadro 13 – Resultado das análises da água de chuva do telhado, início da chuva.

4.7.4 Dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais

A seguir será exposto o resultado do dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais para a Escola Paiol Grande.

4.7.4.1 Cálculo da área de contribuição

A área de contribuição será a área de telhado da Escola e do Ginásio, as águas dos telhados seguem pelas calhas e pelos condutores verticais e horizontais, tem-se os valores apresentados a seguir.

O telhado da Escola é de telhas de cimento amianto, então se define o Coeficiente de Runoff como apresentado na revisão bibliográfica como sendo $C = 0,80$ a $0,90$, opta-se por $0,80$. Para o Ginásio de Esportes que a telha é de aluzinc $C=0,90$.

Foi considerado no cálculo da área de coleta de telhado a inclinação do mesmo e os beirais, o telhado da Escola é duas águas e o do Ginásio de Esportes é em arco.

Área de coleta do telhado da Escola: $1.077,07 \text{ m}^2$, divididos em:

- Coleta 01: $132,50 \text{ m}^2$;
- Coleta 02: $132,50 \text{ m}^2$;
- Coleta 03: $144,64 \text{ m}^2$;
- Coleta 04: $178,28 \text{ m}^2$;
- Coleta 05: $227,74 \text{ m}^2$
- Coleta 06: $261,41 \text{ m}^2$.

Área de coleta do telhado do Ginásio de Esportes: $831,08 \text{ m}^2$, divididos em:

- Coleta 01: $357,08 \text{ m}^2$;
- Coleta 02: $474,00 \text{ m}^2$.

Área de coleta total: $1.908,15 \text{ m}^2$.

As marcações das áreas de coleta são apresentadas na figura 41.

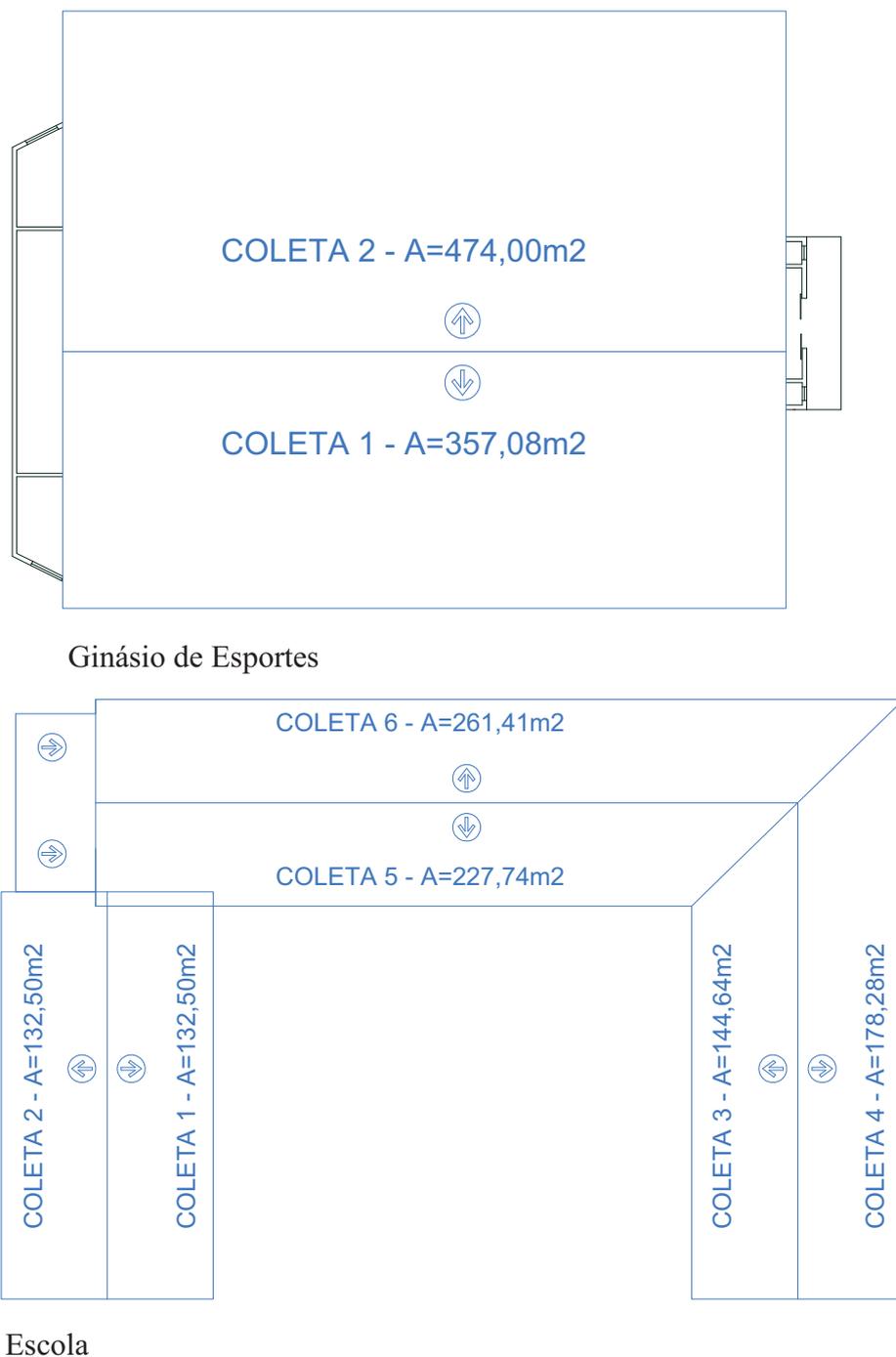


Figura 41 – Marcação das áreas de coleta do telhado da Escola e do Ginásio de Esportes

4.7.4.2 Cálculo de calhas

Como a Escola é uma construção existente, existem calhas na parte frontal da mesma, onde foram feitas as coletas das amostras para análise, as mesmas são em chapa

galvanizada, porém na maioria da construção e no ginásio, não existem calhas. As águas de chuva coletada nestas calhas são direcionadas para a sarjeta.

Sendo assim as mesmas serão calculadas na sua integridade, calhas, condutores verticais e horizontais, não serão consideradas as existentes. Na execução, dependendo as condições as mesmas podem ser reutilizadas, se atenderem as dimensões mínimas calculadas.

Foi definido pela utilização do material em chapa galvanizada, por serem as mais utilizadas na região, as mesmas serão instaladas aparentes, presas às bordas dos telhados. A saída das calhas para o condutor vertical será com funil de saída. A seção escolhida foi a retangular.

A tabela 23 mostra as áreas de coleta, com as metragens de telhado, vazão de projeto e vazão das calhas, com a definição das dimensões das calhas a serem utilizadas no projeto. Optou-se pela padronização da dimensão das calhas para a Escola e para o Ginásio de Esportes. Sendo 10x15x10 cm, para a Escola e 15x16x15 cm, para o Ginásio de Esportes.

Tabela 23 – Áreas de coleta com o cálculo de vazão de projeto e dimensionamento das calhas.

Coletas	Área de coleta (m ²)	Vazão de projeto (l/min)	Dimensões da calha (cm)			Vazão da calha (l/min)
ESCOLA						
COLETA 01	132,50	343,18	10	15	10	708,44
COLETA 02	132,50	343,18	10	15	10	708,44
COLETA 03	144,64	374,62	10	15	10	708,44
COLETA 04	178,28	461,75	10	15	10	708,44
COLETA 05	227,74	589,85	10	15	10	708,44
COLETA 06	261,41	677,05	10	15	10	708,44
GINÁSIO DE ESPORTES						
COLETA 01	357,08	924,84	15	16	15	1292,35
COLETA 02	474,00	1227,66	15	16	15	1292,35

A Figura 42 apresenta a localização, em planta de telhado e das calhas.

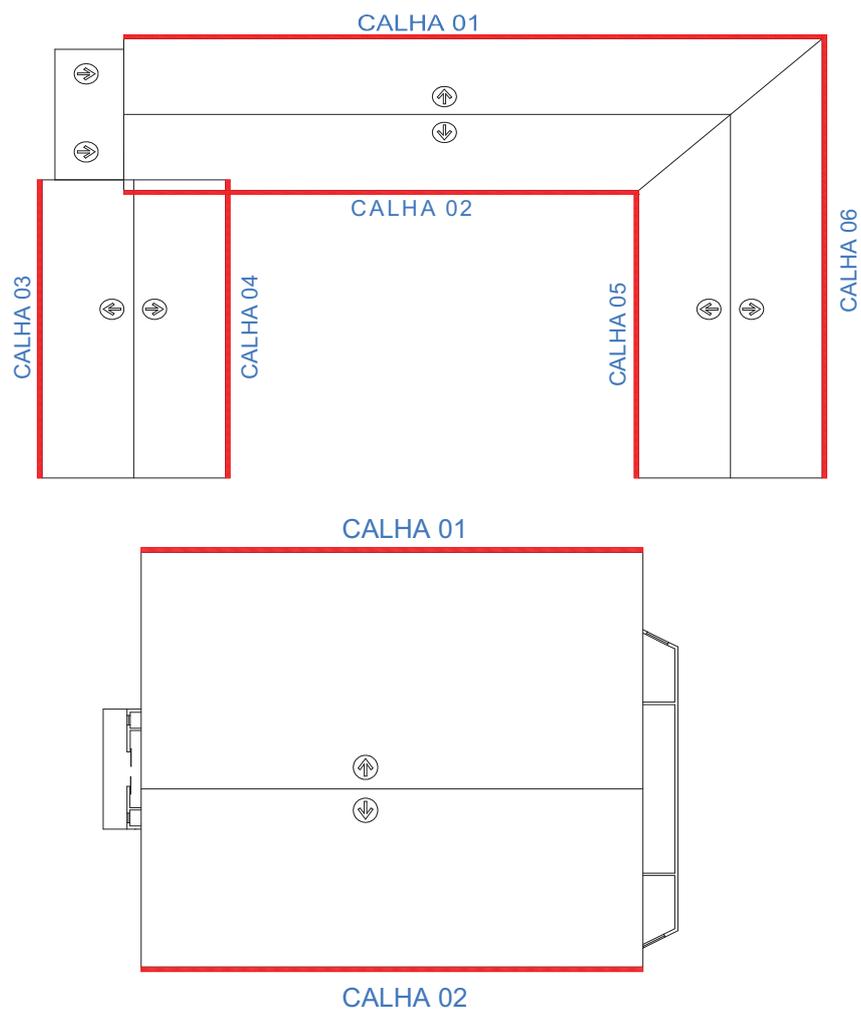


Figura 42 – Localização em planta, das calhas

4.7.4.3 Dimensionamento dos condutores verticais

São tubos verticais que servem para conduzir a água das calhas ao reservatório inferior, para seu aproveitamento posterior. O material utilizado será o PVC para sistema de esgoto e a seção é circular.

Foi realizado a localização dos condutores verticais nas calhas, os dimensionamentos encontram-se na seqüência.

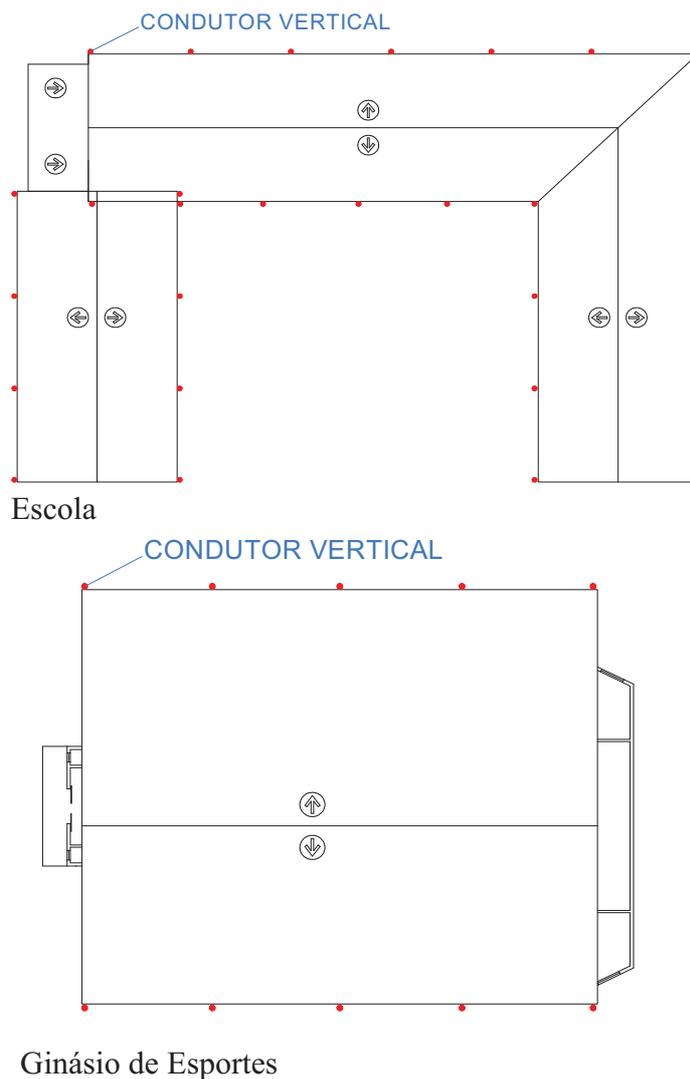
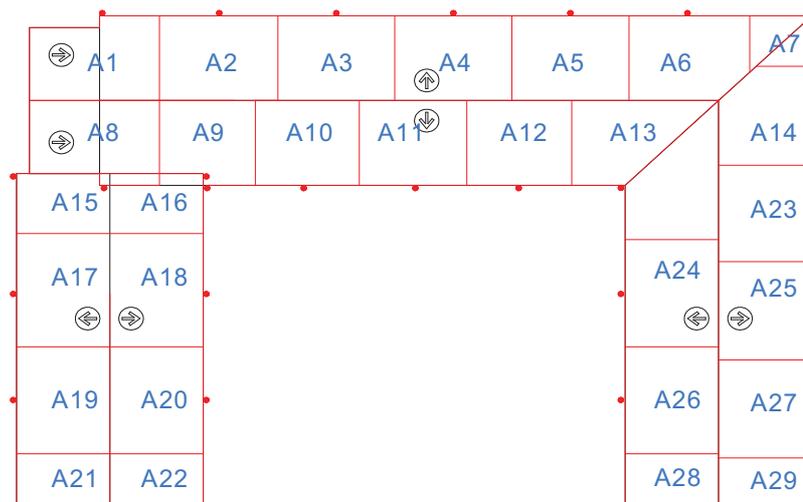
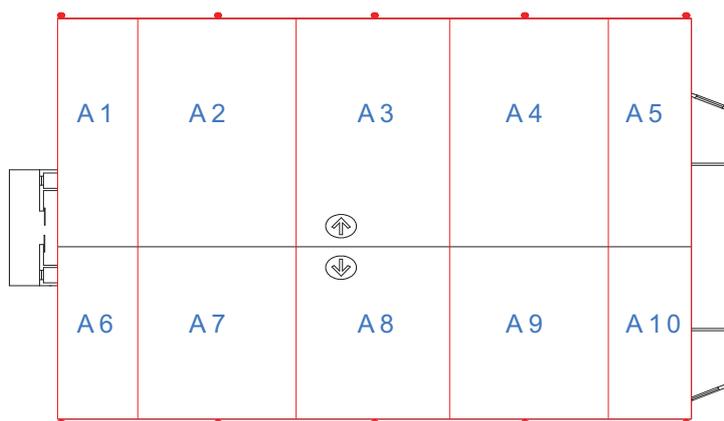


Figura 43 – Localização dos condutores nas calhas da Escola e do Ginásio de Esportes

Foi realizada a marcação das áreas de contribuição para cada condutor vertical, mostradas na figura 44, e calculadas as áreas e dimensionados os condutores conforme NBR 10.844/89, através dos ábacos.



Escola



Ginásio de Esportes

Figura 44 – Marcação das áreas de contribuição para cada condutor vertical.

Tabela 24 – Definição dos condutores verticais

Local	Área para cada condutor (m ²)	Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro adotado (mm)
ESCOLA			
A1	43,33	100	100
A2	42,60	100	100
A3	42,12	100	100
A4	42,15	100	100
A5	42,15	100	100
A6	41,60	75	100
A7	13,42	75	100
A8	43,33	100	100
A9	34,47	75	100
A10	37,49	75	100
A11	38,70	75	100
A12	37,78	75	100
A13	74,36	100	100
A14	36,54	75	100
A15	23,86	75	100
A16	23,86	75	100
A17	44,94	100	100
A18	44,94	100	100
A19	42,40	100	100
A20	42,40	100	100
A21	21,31	75	100
A22	21,31	75	100
A23	38,22	75	100
A24	42,58	100	100
A25	38,99	75	100
A26	42,47	100	100
A27	38,91	75	100
A28	21,33	75	100
A29	19,64	75	100
GINÁSIO DE ESPORTES			
A1	59,25	100	100
A2	118,50	150	150
A3	118,50	150	150
A4	118,50	150	150
A5	59,25	100	100
A6	44,63	100	100
A7	89,27	100	100
A8	89,27	100	100
A9	89,27	100	100
A10	44,63	100	100

Conforme apresentado na Tabela 24, os condutores calculados, da escola, variam entre 75 e 100 mm, sendo que a diferença de valores nas tubulações de PVC nestes diâmetros é mínima, e em função de nos fundos da escola possuir área verde, optou-se pela padronização dos condutores verticais da escola para 100mm.

Relacionado ao ginásio de esportes, observa-se que os diâmetros variam em torno de 100 a 150 mm, porém a diferença de valores entre os diâmetros é relativa e será levada em consideração, sendo então, mantidos os diâmetros calculados.

4.7.4.4 Dimensionamento dos condutores horizontais

É a tubulação que conduzirá a água pluvial do condutor vertical para o dispositivo de autolimpeza e posteriormente ao reservatório inferior. Utilizar-se-á a declividade mínima de 0,5%.

A ligação entre os condutores verticais e horizontais será feita com caixa inspeção, em alvenaria de tijolo maciço, rebocadas internamente. As mesmas serão localizadas logo após as calçadas existentes, onde possível, para evitar danos às mesmas. As caixas de inspeção terão dimensão de 60x60x60 cm.

Onde não for possível, as calçadas serão abertas e, após confeccionadas as caixas, arrematadas.

Foi realizada a marcação, em planta, dos condutores horizontais, que saem dos condutores verticais até o dispositivo de autolimpeza localizado antes do reservatório inferior de água de chuvas. Está representado na figura 45.

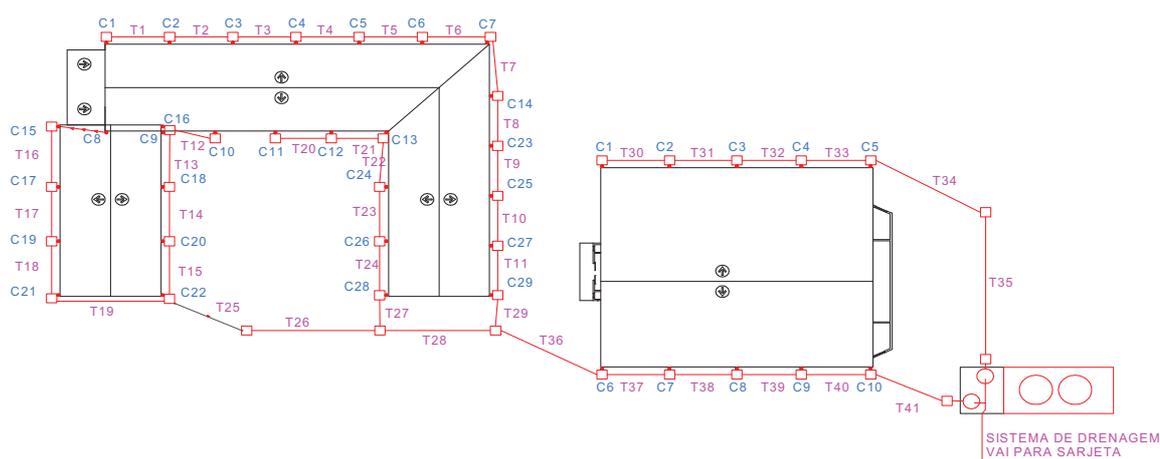


Figura 45 – Localização dos condutores horizontais desde os condutores verticais até o local da cisterna, passando pelas caixas de inspeção

Na Tabela 25 está representado as seções dos condutores horizontais, com as devidos diâmetros.

Tabela 25 – Dimensionamento das seções dos condutores horizontais com as devidos diâmetros calculados e adotados

Condutores	Área para cada condutor (m ²)	Vazão dos condutores vertical (l/min)	Trecho – condutor horizontal	Vazão do trecho (l/min)	Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro adotado (mm)
C1	43,33	112,23	T 01	112,23	100	100
C2	42,60	110,34	T 02	110,34	125	150
C3	42,12	109,09	T 03	109,09	125	150
C4	42,15	109,17	T 04	109,17	150	150
C5	42,15	109,17	T 05	109,17	150	150
C6	41,60	107,75	T 06	107,75	200	200
C7	13,42	34,76	T 07	692,50	200	200
C8	43,33	112,23	T 08	787,14	200	200
C9	34,47	89,28	T 09	886,13	200	200
C10	37,49	97,10	T 10	987,12	200	200
C11	38,70	100,23	T 11	1087,89	200	200
C12	37,78	97,85	T 12	97,10	100	100
C13	74,36	192,60	T 13	248,18	125	150
C14	36,54	94,64	T 14	342,82	125	150
C15	23,86	61,80	T 15	452,63	150	150
C16	23,86	61,80	T 16	174,02	100	100
C17	44,94	116,40	T 17	290,42	125	150
C18	44,94	116,40	T 18	400,24	150	150
C19	42,40	109,82	T 19	455,43	150	150
C20	42,40	109,82	T 20	100,23	100	100
C21	21,31	55,19	T 21	198,09	100	100
C22	21,31	55,19	T 22	390,68	150	150
C23	38,22	98,99	T 23	500,97	150	150
C24	42,58	110,28	T 24	610,96	200	200
C25	38,99	100,99	T 25	963,26	200	200
C26	42,47	110,00	T 26	963,26	200	200
C27	38,91	100,78	T 27	666,21	200	200
C28	21,33	55,25	T 28	1629,47	250	250
C29	22,33	57,84	T 29	1145,73	200	200

Continua...

Continuação...

C1	59,25	153,46	T 30	153,46	100	100
C2	118,50	306,92	T 31	460,37	150	150
C3	118,50	306,92	T 32	767,29	200	200
C4	118,50	306,92	T 33	1074,21	200	200
C5	59,25	153,46	T 34	1227,66	200	200
C6	44,63	115,59	T 35	1227,66	200	200
C7	89,27	231,21	T 36	2775,20	300	300
C8	89,27	231,21	T 37	2890,79	300	300
C9	89,27	231,21	T 38	3122,00	300	300
C10	44,63	115,59	T 39	3353,21	300	300
			T 40	3584,42	300	300
			T 41	3700,01	300	300

Analisando a tabela 25, observa-se que para o cálculo dos diâmetros dos condutores horizontais, levou-se em consideração a área de contribuição para cada condutor vertical, definiu-se a vazão de cada condutor vertical, para poder calcular a vazão em cada trecho dos condutores horizontais.

Com a vazão de cada trecho do projeto, procedeu-se a determinação do diâmetro por meio do quadro 5, citado acima, que define o diâmetro em função da vazão.

Analisando os diâmetros calculados de cada trecho, optou-se pela alteração dos trechos calculados de 125 mm para 150 mm, em função de ser um diâmetro pouco usual e maior dificuldade de compra, possivelmente devem ser encomendados. Sendo que os tubos de 150 mm são mais usuais então se adota no lugar de 125 mm, 150 mm.

Em função do traçado da rede de condutores horizontais, conforme figura 45 acima, e em função da vazão dos trechos T35 e T41, optou-se pela instalação de dois dispositivos de autolimpeza. Sendo que no T35 o diâmetro será 200mm, e no T41 o diâmetro será 300mm.

Se os dois trechos forem unidos o diâmetro do condutor horizontal provavelmente seria de 500mm, o que dificulta a instalação do dispositivo de autolimpeza em função do diâmetro, e o diâmetro de 500mm, existe em PVC de esgoto, porém não é usual, difícil de encontrar no comércio local e possivelmente mais caro.

4.7.4.5 Dimensionamento do reservatório de água pluvial

A figura 46 apresenta a localização do reservatório inferior cisterna, e a figura 47 apresenta a localização em planta.



Figura 46 – Localização do reservatório inferior, cisterna

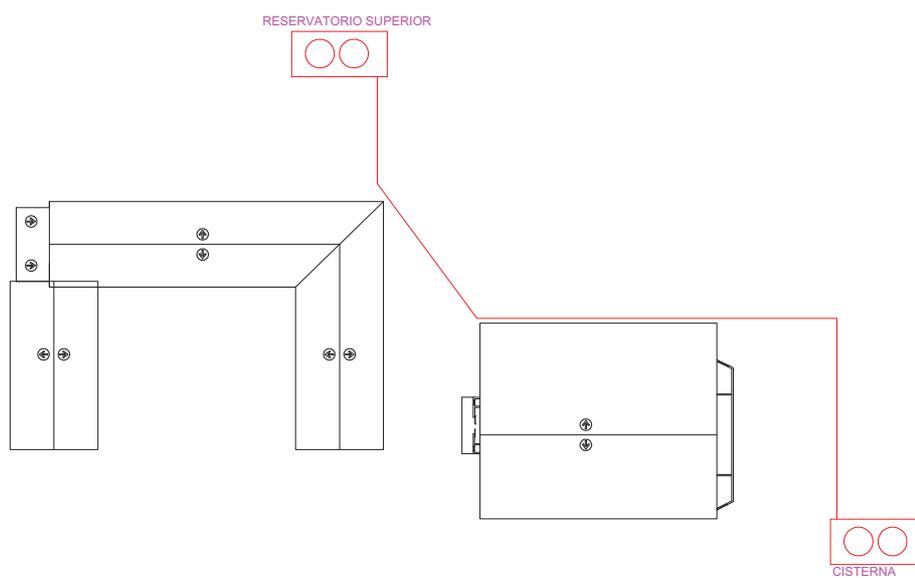


Figura 47 – Localização em planta do reservatório inferior, cisterna e do reservatório superior

A Figura 48 apresenta a localização do reservatório superior e a figura 47, já apresentada, mostra a localização em planta.



Figura 48 – Localização do reservatório de água de chuva superior.

A alimentação dos pontos de consumo será por gravidade, sendo que o nível de saída do reservatório é maior que o ponto de consumo mais alto.

4.7.4.6 Dimensionamento pelo método de Rippl

A tabela 26 apresenta o cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl.

Tabela 26 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva demanda	Volume do reservatório de água da chuva
	mm	m ³	M ³	m ²		m ³	m ³	m ³	m ³
JANEIRO	162,06	149,98	149,98	1908,15	0,8	247,39	247,39	97,41	0,00
FEVEREIRO	151,09	149,98	299,96	1908,15	0,8	230,64	478,03	80,66	0,00
MARÇO	128,47	149,98	449,94	1908,15	0,8	196,11	674,14	46,13	0,00
ABRIL	135,31	149,98	599,92	1908,15	0,8	206,55	880,70	56,57	0,00
MAIO	148,08	149,98	749,9	1908,15	0,8	226,05	1106,74	76,07	0,00
JUNHO	167,42	149,98	899,88	1908,15	0,8	255,57	1362,31	105,59	0,00
JULHO	164,25	149,98	1049,86	1908,15	0,8	250,73	1613,04	100,75	0,00
AGOSTO	139,34	149,98	1199,84	1908,15	0,8	212,71	1825,75	62,73	0,00
SETEMBRO	172,11	149,98	1349,82	1908,15	0,8	262,73	2088,48	112,75	0,00
OUTUBRO	198,24	149,98	1499,8	1908,15	0,8	302,62	2391,10	152,64	0,00
NOVEMBRO	148,73	149,98	1649,78	1908,15	0,8	227,04	2618,13	77,06	0,00
DEZEMBRO	149,66	149,98	1799,76	1908,15	0,8	228,46	2846,59	78,48	0,00

Observa-se que o sistema está coletando mais água de chuva do que a demanda, ocasionando um desperdício de custos no sistema, sendo que a água coletada que não será utilizada extravasa no reservatório e vai para a sarjeta.

Optou-se pela diminuição da área de coleta de telhado para otimizar o sistema e não onerar custos desnecessários para a Escola, desde que a demanda seja atendida.

A área de coleta de telhado será a da Escola, com área total de 1.077,07 m², e a coleta 1 do Ginásio de Esportes com 357,08,00 m², sendo a área total de telhado 1.434,15 m²..

Recalcula-se o dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl, conforme tabela 27 a seguir.

Tabela 27 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl, com área de coleta de telhado da Escola, 1.434,15 m², reservatório de 2,58 m³

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva demanda	Volume do reservatório de água da chuva
	mm	m ³	m ³	m ²		m ³	m ³	m ³	m ³
JANEIRO	162,06	149,98	149,98	1434,15	0,8	185,93	185,93	35,95	0,00
FEVEREIRO	151,09	149,98	299,96	1434,15	0,8	173,35	359,28	23,37	0,00
MARÇO	128,47	149,98	449,94	1434,15	0,8	147,40	506,68	-2,58	2,58
ABRIL	135,31	149,98	599,92	1434,15	0,8	155,24	661,92	5,26	0,00
MAIO	148,08	149,98	749,9	1434,15	0,8	169,90	831,82	19,92	0,00
JUNHO	167,42	149,98	899,88	1434,15	0,8	192,08	1023,90	42,10	0,00
JULHO	164,25	149,98	1049,86	1434,15	0,8	188,45	1212,35	38,47	0,00
AGOSTO	139,34	149,98	1199,84	1434,15	0,8	159,87	1372,22	9,89	0,00
SETEMBRO	172,11	149,98	1349,82	1434,15	0,8	197,47	1569,68	47,49	0,00
OUTUBRO	198,24	149,98	1499,8	1434,15	0,8	227,44	1797,13	77,46	0,00
NOVEMBRO	148,73	149,98	1649,78	1434,15	0,8	170,64	1967,77	20,66	0,00
DEZEMBRO	149,66	149,98	1799,76	1434,15	0,8	171,71	2139,48	21,73	0,00

A Tabela 27 demonstra que pelo método de Rippl o reservatório terá um volume de 2,58 m³, adota-se 3 m³. Faz parte deste método a verificação do volume do reservatório de água pluvial, é extremamente importante fazer a análise do volume de água de chuva a ser coletado, para que o custo final não inviabilize o uso do sistema.

A Tabela 28, a seguir, mostra a planilha de verificação do volume do reservatório de água da chuva.

Tabela 28 – Verificação do volume do reservatório de água de chuva

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de coleta	Coeficiente de Runoff	Volume do reservatório	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório t-1	Volume do reservatório t	Overflow	Suprimento
	mm									
JANEIRO	162,06	149,98	1434,15	0,8	3,00	185,93	0,00	3,00	35,95	0
FEVEREIRO	151,09	149,98	1434,15	0,8	3,00	173,35	3,00	3,00	23,37	0
MARÇO	128,47	149,98	1434,15	0,8	3,00	147,40	3,00	0,42	0,00	0
ABRIL	135,31	149,98	1434,15	0,8	3,00	155,24	0,42	3,00	5,26	0
MAIO	148,08	149,98	1434,15	0,8	3,00	169,90	3,00	3,00	19,92	0
JUNHO	167,42	149,98	1434,15	0,8	3,00	192,08	3,00	3,00	42,10	0
JULHO	164,25	149,98	1434,15	0,8	3,00	188,45	3,00	3,00	38,47	0
AGOSTO	139,34	149,98	1434,15	0,8	3,00	159,87	3,00	3,00	9,89	0
SETEMBRO	172,11	149,98	1434,15	0,8	3,00	197,47	3,00	3,00	47,49	0
OUTUBRO	198,24	149,98	1434,15	0,8	3,00	227,44	3,00	3,00	77,46	0
NOVEMBRO	148,73	149,98	1434,15	0,8	3,00	170,64	3,00	3,00	20,66	0
DEZEMBRO	149,66	149,98	1434,15	0,8	3,00	171,71	3,00	3,00	21,73	0

A tabela da verificação do volume do reservatório mostra que o dimensionamento é eficiente.

Confiança no Sistema (%):

$$R_f = (1 - 0,0833)$$

$$R_f = 0,9167$$

$$R_f = 91,67\%$$

Onde:

$$F_r = N_r / n$$

$$F_r = 1/12$$

$$F_r = 0,0833$$

R_f = Confiança no sistema; (%)

F_r = Falha no sistema; (%)

N_r = Número de meses que o reservatório não atendeu a demanda = 1 meses;

N = Número total de meses = 12 meses.

Eficiência do Sistema (%)

A eficiência do sistema é determinada da seguinte maneira:

$$Eficiência\ do\ Sistema = \frac{100(\text{volume de água utilizada})}{\text{volume anual de chuva}} = \frac{1799,76m^3}{2139,48}$$

$$Eficiência\ do\ Sistema = 84,12\%$$

4.7.4.6.1 Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

$$S(t) = 178,29\ m^3 + 3\ m^3 - 149,98\ m^2$$

$$S(t) = 31,31\ m^3$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação}$$

$$Q(t) = (0,80 \times 155,40\text{mm/h} \times 1.434,15\ m^2)/1000 = 178,29\ m^3$$

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

$$0 \leq 31,31\ m^3 \leq 35\ m^3$$

Onde:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t-1 = 3 \text{ m}^3$ (valor definido para o trabalho em questão);

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo $t = 178,29 \text{ m}^3$;

$D(t)$ é o consumo ou demanda no tempo $t = 149,98 \text{ m}^3$

V é o volume do reservatório fixado = 35 m^3 ;

C é o coeficiente de escoamento superficial = $0,8$.

4.7.4.6.2 Dimensionamento pelo método Azevedo Neto

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 155,40 \text{ mm/h} \times 1.434,15 \text{ m}^2 \times 3$$

$$V = 28.081,23 \text{ litros}$$

$$V = 28,08 \text{ m}^3.$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros = $155,40 \text{ mm/h}$;

T é o número de meses de pouca chuva ou seca = 3 meses ;

A é a área de coleta em projeção, em metros quadrados = $1.434,15 \text{ m}^2$;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

4.7.4.6.3 Dimensionamento pelo método prático alemão

$$V_{\text{dotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \cdot 0,06(6\%)$$

$$V_{\text{dotado}} = \text{mín}(V; D) \cdot 0,06$$

Onde:

V é o volume aproveitável de água de chuva anual em litros = $1.782.935,28 \text{ litros}$;

D é a demanda anual da água não potável, em litros = 1.799.760,00 litros;

Vadotado = 1.782.935,28 litros x 6%

Vadotado = 106,98 m³.

Vadotado é o volume de água do reservatório, em litros;

4.7.4.6.4 Dimensionamento pelo método prático inglês

$$V = 0,05 \times P \times A$$

$$V = 0,05 \times 155,40 \times 1.434,15$$

$$V = 11.143,34 \text{ litros}$$

$$V = 11,14 \text{ m}^3$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros = 155,40 mm/h;

A é a área de coleta em projeção, em metros quadrados = 1.434,15 m²;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros;

4.7.4.6.5 Dimensionamento pelo método prático australiano

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

$$Q = 1.434,15 \times 0,8 \times (155,40 - 2)/1000$$

$$Q = 175,99 \text{ m}^3$$

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial = 0,80;

P é a precipitação média anual, em milímetros = 155,40 mm/h;

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

A é a área de coleta, em metros quadrados = 1.434,15 m²;

Q é o volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

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

$$V_t = 3 \text{ m}^3 + 175,99 \text{ m}^3 - 149,98 \text{ m}^3$$

$$V_t = 29,01 \text{ m}^3$$

Onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês $t = 175,99 \text{ m}^3$;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t , em metros cúbicos;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t , em metros cúbicos = 3 m^3 (valor definido para o trabalho em questão);

D_t é a demanda mensal, em metros cúbicos = $149,98 \text{ m}^3$;

NOTA: Para o primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

Tabela 29 – Dimensionamento de reservatório pelo método australiano, 12 meses

	Precipitação	Área	Q_t	D_t	V_{t-1}	V_t
JANEIRO	162,06	1434,15	183,64	149,98	0	33,66
FEVEREIRO	151,09	1434,15	171,05	149,98	3	24,07
MARÇO	128,47	1434,15	145,10	149,98	3	-1,88
ABRIL	135,31	1434,15	152,95	149,98	3	5,97
MAIO	148,08	1434,15	167,60	149,98	3	20,62
JUNHO	167,42	1434,15	189,79	149,98	3	42,81
JULHO	164,25	1434,15	186,15	149,98	3	39,17
AGOSTO	139,34	1434,15	157,57	149,98	3	10,59
SETEMBRO	172,11	1434,15	195,17	149,98	3	48,19
OUTUBRO	198,24	1434,15	225,15	149,98	3	78,17
NOVEMBRO	148,73	1434,15	168,35	149,98	3	21,37
DEZEMBRO	149,66	1434,15	169,41	149,98	3	22,43

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será T , em metros cúbicos.

$$T = 29,01 \text{ m}^3$$

Confiança: $Pr = N_r / N$

$$Pr = 1/12$$

$$Pr = 0,083$$

Onde:

Pr é a falha

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

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

$$\text{Confiança} = (1 - Pr)$$

$$C = (1 - 0,083) = 0,917$$

$$C = 91,7\%$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

A Tabela 30 lista os métodos de dimensionamento de reservatórios utilizados e seus resultados. Observa-se que os valores variam bastante, define-se pela utilização do método de simulação, brasileiro e australiano, que tem valores aproximados, em média 31 m³, distante de 3 e 106,98 m³.

Então, define-se o volume do reservatório de água de chuva como 30 m³.

Tabela 30 – Dimensionamento de reservatórios, comparação

Método	Volume do reservatório
Rippl	3 m ³
Simulação	35,00 m ³
Brasileiro	28,08 m ³
Alemão	106,98 m ³
Inglês	11,14 m ³
Australiano	29,01 m ³

O reservatório será dividido em inferior e superior, o inferior será em sistema de cisterna, enterrado, com capacidade de 20 m³, e o superior externo com capacidade de 10 m³.

O reservatório inferior constará de cisterna em alvenaria de tijolos maciços e estrutura de concreto armado. Será aberto com contorno em tela para proteção. Abrigará duas caixas de 10 m³ cada, em pvc ou fibra, a água que extravasa do reservatório será direcionada para a sarjeta.

O reservatório superior será uma caixa de 10 m³, em pvc ou fibra, optou-se por este material para os reservatórios de água de chuva pela facilidade de compra e custos.

A divisão de volume foi definida desta maneira tendo em vista uma futura ampliação do sistema, sendo que o aumento de reservatório superior será mais barato, por ser externo e em pvc, somente se instala mais uma caixa ou quantas se fizerem necessárias.

A água da chuva coletada é armazenada no reservatório inferior, sendo bombeada posteriormente ao reservatório superior, sendo que é por meio deste que a água é distribuída para o consumo, por gravidade.

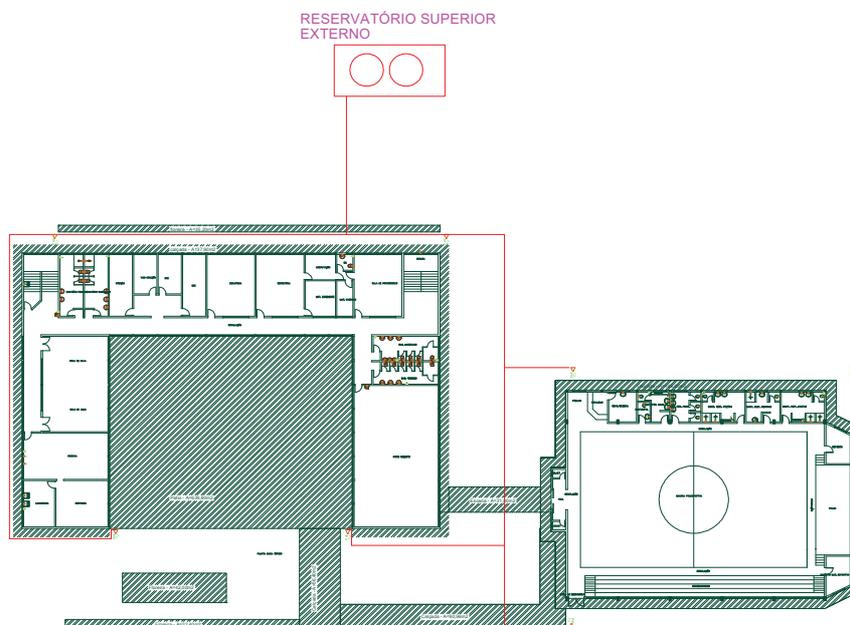


Figura 49 – Rede de distribuição de água de chuva e localização dos pontos de consumo

4.7.4.7 Dimensionamento do dispositivo de auto limpeza

O sistema adotado será o de tonel, o dimensionamento é a relação de 1 litro para cada 100 m² de superfície coletora.

$$\begin{array}{l} \text{Relação: } 1 \text{ litro} \text{ ----- } 100,00 \text{ m}^2 \\ \quad \quad \quad X \text{ litro} \text{ ----- } 1434,15 \text{ m}^2 \\ \quad \quad \quad X = 14,34 \text{ litros.} \end{array}$$

Então o dispositivo de autolimpeza de tonel terá a capacidade de 15,00 litros. Pela ABNT NBR 15527/07 que recomenda o descarte de 2mm da precipitação inicial o volume seria de 2,86 m³.

A localização do dispositivo de autolimpeza encontra-se na figura 50, o local do dispositivo de autolimpeza conta com sistema de drenagem que vai para a sarjeta.

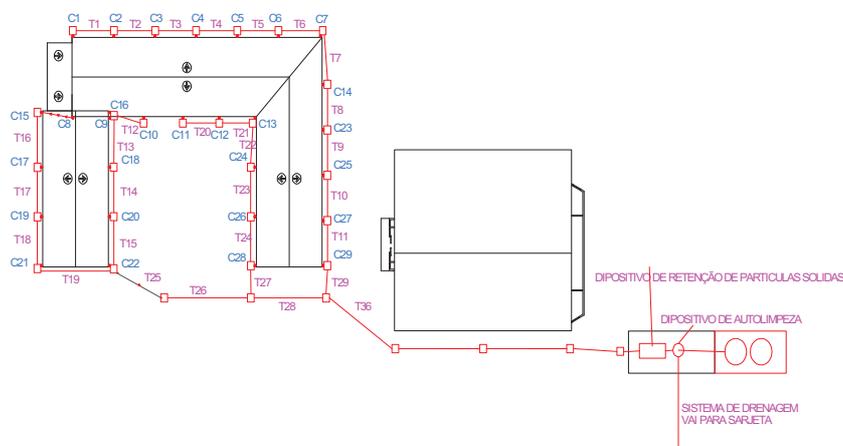


Figura 50 – Localização do dispositivo de autolimpeza e dispositivo de retenção de partículas sólidas

A proposta deste trabalho contempla também um dispositivo de retenção de partículas sólidas, que deverá ser instalado antes do dispositivo de autolimpeza.

Este tipo de separador auxilia na retenção de partículas em suspensão. O que deve ser observado é o processo de colmatação, ou seja, a obstrução das aberturas das malhas. Por esse motivo, a manutenção deve ser pelo menos uma vez ao mês, principalmente, no início do período chuvoso, pois há a lavagem da sujeira do telhado.

Além do sistema de retenção de partículas sólidas será implantado neste sistema o filtro de areia, a água ao passar pela areia, a matéria em suspensão e a matéria coloidal são quase completamente removidas, os componentes químicos são alterados e o número de bactérias é reduzido. Esses fenômenos são explicados tendo por base quatro ações: filtração mecânica, sedimentação e adsorção, efeitos elétricos e, em menor grau, alterações biológicas.

O filtro é montado dentro de um tubo PVC DN 100, adicionando-se os componentes na seguinte ordem: 10 cm de acrílico, 90 cm de areia e 20 cm de acrílico. O leito filtrante tem 120 cm de comprimento.

Após a montagem, é sugerido que o filtro seja desinfetado, repassando-se água contendo cloro na proporção de um litro de água sanitária para 10 litros de água.

A figura 51 mostra a posição do filtro de areia.

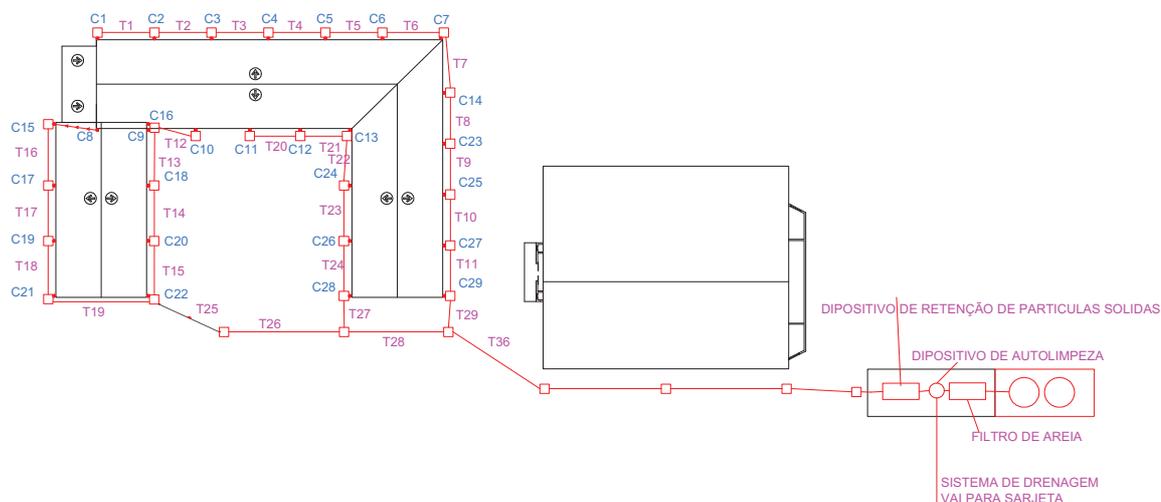


Figura 51 – Localização do filtro de areia

4.7.5 Sistema de bombeamento

É por meio do sistema de bombeamento que a água chegará ao reservatório superior para posterior abastecimento por gravidade. A seguir será dimensionado o sistema de bombeamento.

Na figura 52 é apresentada a localização do sistema de bombeamento, com a tubulação de recalque.

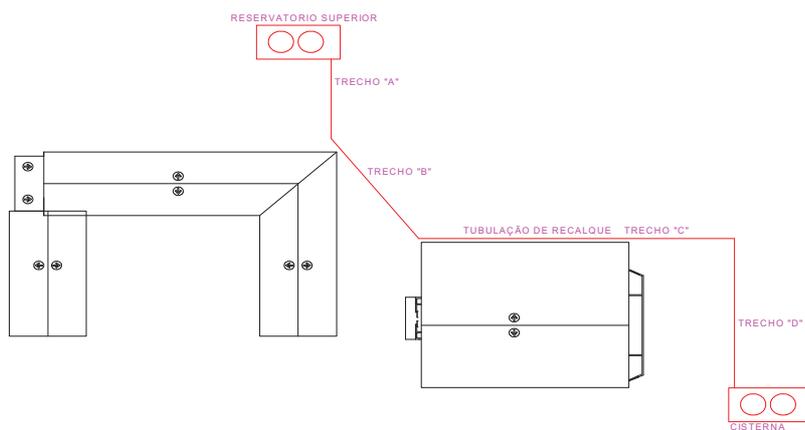


Figura 52 – Localização do sistema de bombeamento

» **Determinação da vazão de recalque**

$$Q_{rec} = 6,82/6$$

$$Q_{rec} = 1,13 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{rec} = 0,000313 \text{ m}^3/\text{s}$$

» **Dimensionamento do Diâmetro de recalque e sucção**

Determina-se o diâmetro de recalque:

$$D_{rec} = 1,3 \times (0,000313^{1/2}) \times (0,25^{1/4})$$

$$D_{rec} = 0,0163 \text{ m}; 16,3 \text{ mm}$$

Adota-se $D_{rec} = 20\text{mm}$

x = número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias, de acordo com a NBR 5626/ 98, adota-se o valor de 6 horas diárias.

Para o diâmetro de sucção adota-se um valor imediatamente superior ao dimensionado e estabelecido para o recalque.

$$D_{sucção} = 25\text{mm}.$$

» **Determinação da altura manométrica**

$$H_{man} = 26,34\text{m} + 3,24\text{m} = 29,58\text{m}$$

$$H_{man} = 29,58\text{m}$$

Altura manométrica de recalque:

$$H_{\text{man.rec}} = 20 + 6,34 = 26,34 \text{ m}$$

E, o cálculo da perda de carga no recalque é dado por:

$$\Delta H_{\text{rec}} = 0,0488 \times 126 = 6,1488 + (0,194 \text{ jloc}) = 6,34 \text{ m}$$

Altura manométrica de sucção:

$$H_{\text{man.suc}} = 3,00 + 0,24 = 3,24$$

E, o cálculo da perda de carga na sucção é dado por:

$$\Delta H_{\text{suc}} = 0,0488 \times 3,00 = 0,1464 + (\text{jloc} 0,09) = 0,24 \text{ m}$$

Com os dados calculados dimensiona-se a bomba que será de 1 cv, monofásica.

4.7.6 Tubulações de distribuição da água pluvial

As tubulações de distribuição da água pluvial serão de pvc, em diâmetro 32 mm e 25 mm, conforme figura 53, abaixo.

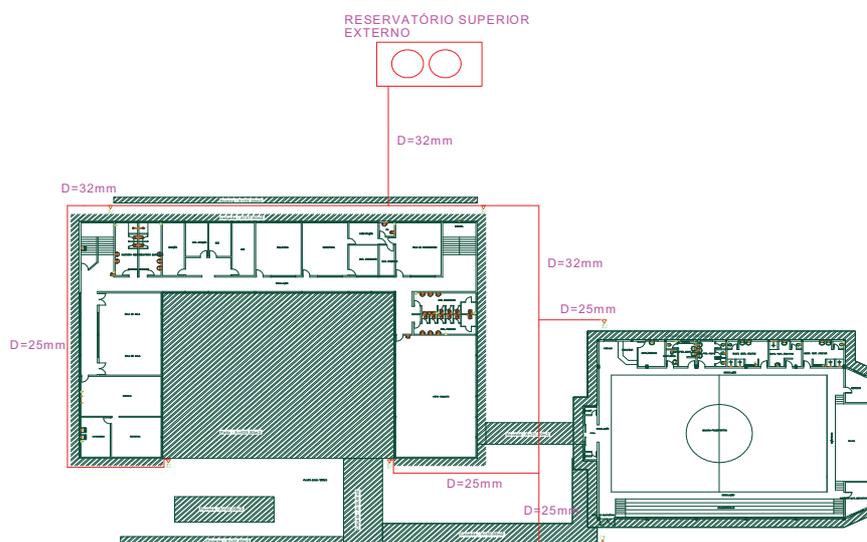


Figura 53 – Distribuição da água pluvial para os pontos de consumo

A Norma ABNT NBR 15527/07, diz que as tubulações e seus componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável, se propõe que o sistema seja pintado em cor marrom, nos pontos de consumo identificados com placa de advertência com a inscrição "água não potável".

4.7.7 Interligação entre reservatórios – água potável e água pluvial

É proposto neste trabalho, a interligação entre os reservatórios de água pluvial e água potável conforme descrito da revisão bibliográfica.

A ABNT NBR 15527/07, instrui que o sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com a ABNT NBR 5626.

4.7.8 Plano de monitoramento

Na maioria dos sistemas de aproveitamento de água de chuva propostos, não há a preocupação com o monitoramento do sistema após instalação, o que é preocupante.

Propõe-se para este sistema um plano de monitoramento conforme a ABNT NBR 15527/07, recomenda que os parâmetros de qualidade de água de chuva para água não potável sejam verificados conforme quadro 14, a seguir.

Parâmetros	Análise
Coliformes totais	Semestral
Coliformes termotolerantes	Semestral
Cloro residual livre	Mensal
Turbidez	Mensal
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal

Fonte: ABNT NBR 15527 de outubro de 2007.

Quadro 14 – Periodicidade de análise dos parâmetros de água de chuva

4.7.9 Custo do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Após a definição do sistema proposto calculou-se os gastos com a implantação do mesmo. O orçamento baseia-se nos preços praticados no mês de fevereiro de 2008, na cidade de Erechim-RS.

A Tabela 31 mostra as diferentes partes do sistema e os custos aproximados em Reais (R\$).

Partes do Sistema	Valor em (R\$)
Calhas da Escola e coleta 1 do ginásio	3.550,00
Condutores Verticais	2.150,00
Condutores Horizontais	4.500,00
Caixas de inspeção	2.900,00
Dispositivo de retenção de partículas sólidas	865,00
Dispositivo de autolimpeza	320,00
Filtro de areia	225,00
Cisterna	2.865,00
Caixa água de 10.000l	2.600,00
Sistema de bombeamento	1.855,00
Distribuição aos pontos de consumo	1.880,00
Total	23.710,00

Tabela 31 – Custo aproximado do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para a Escola Paiol Grande

Tendo em vista que com a implantação do sistema o investimento será de aproximadamente R\$ 23.710,00, e a economia em água potável da concessionária será de aproximadamente 149,98 m³ por mês x R\$ 3,12 o m³. Sendo economizado R\$ 467,94 por mês, então o retorno do investimento para a Escola se dará no prazo de 50 meses, 4 anos.

Lembra-se que não se pode levar em conta somente a questão financeira, o que mais deve ser levado em conta é a conscientização ambiental e a utilização de fontes alternativas de água, já que a água é um bem finito.

Além, da importância do aproveitamento da água de chuva para a sustentabilidade e conservação dos recursos hídricos.

5 CONCLUSÕES DA PESQUISA

A água é vital para o ser humano, pode-se racionalizar e utilizar fontes alternativas para ter água em quantidade e qualidade para a necessidade dos usuários.

Com o desenvolvimento deste trabalho, onde foi aplicada inicialmente uma metodologia para o diagnóstico do uso da água, seguida de um projeto para uso de fontes alternativas nas escolas da rede municipal de Erechim, foi possível chegar às seguintes considerações:

- A aplicação da metodologia proposta por Oliveira (1999) resultou, na maioria das escolas estudadas, em um indicador de consumo baixo em relação ao que é preconizado pela literatura;

- Os resultados encontrados podem levar a duas importantes conclusões, a de que as escolas da rede municipal de Erechim não apresentam um quadro de desperdício visível em relação ao uso da água, ou que os índices de consumo de água para esta tipologia de edificação são muito conservadores, como também que as fórmulas de cálculo não são apropriadas para a realidade estudada;

- A água da chuva, coletada na atmosfera na escola em estudo, é de boa qualidade, cabe salientar que a mesma pode se contaminar com o contato com as áreas de captação, normalmente são os telhados, calhas e condutores. A água se contamina e pode ser nociva aos seres vivos, com a presença de fezes de animais, matérias em decomposição e insetos. Tal afirmação pode ser comprovada pelas análises da água da chuva realizadas na região em estudo, as quais demonstraram que a qualidade da água coletada piorou quando foi permitida a sua passagem pela cobertura;

- A metodologia aplicada neste trabalho pode ser considerada confiável, porém o dimensionamento do reservatório deve ser feito por outros métodos além do de Rippl, uma

vez que o mesmo apontou, neste caso, um volume baixo. Para uma melhor precisão na definição do volume do reservatório, recomenda-se que o cálculo seja realizado por todos os métodos propostos na ABNT NBR 15527/07, e após uma comparação o volume seja adotado;

- Verificou-se a importância do descarte da primeira água de chuva no sistema, uma vez que a sua aplicação reduziu consideravelmente os valores dos parâmetros de qualidade da água da chuva;

- O estudo mostrou que nem sempre o melhor é ter uma grande área de captação, a área de coleta deve ser a necessária para o volume solicitado para uso. No caso estudado a solução foi a redução da área de coleta. Quanto maior o volume coletado, sem necessidade, maiores os investimentos com reservatórios e instalações elevatórias, como também, quanto mais tempo a água coletada ficar armazenada maiores são as chances dela se contaminar dentro dos reservatórios;

- O custo de implantação do sistema proposto deve ser previsto no orçamento do município, tendo em vista o retorno financeiro e ambiental, o que pode ser revertido em conscientização dos alunos e professores e de toda a comunidade.

- O plano de monitoramento deve ser previsto em todos os sistemas de aproveitamento de água de chuva, pois é por meio dele que se controla a qualidade da água e pode-se evitar alguma contaminação dos usuários.

- Neste trabalho, é prevista a ampliação do sistema, se necessário, coletando a água de chuva do telhado do ginásio, devido ao traçado da rede de coletores horizontais, a possibilidade de ampliação do reservatório inferior, sendo que existe área de terreno disponível e a necessidade da escola em construir uma creche.

Recomenda-se para o desenvolvimento de trabalhos futuros:

- A aplicação da continuação da metodologia proposta por Oliveira (1999), com um programa de medição, como forma de comprovar se os indicadores de consumo são verdadeiros e os edifícios escolares da Rede Municipal de Erechim não apresentam desperdícios no consumo de água;

- Implantação do projeto de sistema de aproveitamento de água de chuva proposto, com avaliação do custo apresentado;

- Monitoramento do sistema proposto a fim de verificar a eficiência do mesmo em relação aos parâmetros exigidos e atendimento a demanda solicitada;

- Ampliação do projeto de aproveitamento de água de chuva para todas as Escolas Municipais de Erechim-RS.

- Análise de outras fontes alternativas de água para ampliar as opções de água para utilização, como por exemplo a água cinza.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA MJ de Notícias. **Decreto garante informações sobre qualidade da água ao consumidor.** Ministério da Justiça. Disponível em: <<http://www.justica.gov.br/noticias/especiais/2006/mar%C3%A7o/mtesp230306-consumidor.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2006.

ÁGUA E CIDADE. Organização Não-Governamental Água e Cidade. Melhores práticas. 2000 a 2004. CD ROM.

ALITCHKOV, D.; IVANOVA, P. Systematic approach for investigation of water demand in buildings. In: CIB-W62. **Water Supply and Drainage for Buildings**, 29, 2003, Turquia. Proceedings... Turquia: CIB W62, 2003, p. 447-459.

ANA. **Agência Nacional de Águas.** Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2007.

ANDRÉ, P.T.A.; PELIN, E.R. **Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, DTA n. 81, Brasília, 1998.

ARAÚJO, Roselaine. Retenção de águas pluviais. **Téchne**, São Paulo, v. 95, fev. 2005.

ARAÚJO, L.S. **Avaliação durante operações dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios escolares.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13713:** aparelhos hidráulicos acionados manualmente e um ciclo de fechamento automático. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 5626:** instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: 1998.

_____. **NBR 15527:** água de chuva-aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis-Requisitos. Rio de Janeiro: 2007.

BABBITT, Harold E.; BOLAND, James J.; CLEASBY, John S. **Abastecimento de água.** São Paulo: Edgard Blüchen, 1993.

BARROS, J.C.G. **Avaliação e desempenho dos sistemas prediais de aparelhos sanitários em edifícios escolares da rede municipal de Campinas.** (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, 2004.

BERTOLI, S.R. Avaliação do conforto acústico de prédio escolar na rede pública: o caso de Campinas. In: **VI Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído.** São Pedro, São Paulo, 2001.

BRASIL. **Lei nº. 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/9433-97.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2007.

CARDIA, N. et alii. **Campanhas de educação pública voltadas à economia de água.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documentos Técnicos de Apoio n. B2, Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998.

CARLON, Márcia Regina. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva em Joinville – SC.** (Dissertação de Mestrado). Universidade do Vale do Itajaí, 2005.

CASTRO, A.D. **O que é educação ambiental.** Projeto Reenge. São Paulo: EESC-USP, 2000.

CAVALCANTI, Clóvis (Org.). **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. Pernambuco: Cortes, 1995.

CHENG, C. L.; HONG, Y. T. Evaluating water utilization in primary schools. **Building and Environment**, 39, 2004, p. 837-845. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 25 jun. 2007.

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água. **Reúso urbano.** Disponível em: <<http://www.usp.br/cirra/index2.html>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

CONSTRUÇÕES eficientes. **Téchne.** São Paulo, Edição 111, ano 14, junho 2006.

CONTADOR, Cláudio R. **Projetos sociais:** avaliação prática. São Paulo: Atlas, 1997.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. **Registros referentes às contas de água do período de jan./dez.-2006.** Unidade de Erechim, 2007.

CREMONINI, R.A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre:** recomendações para projeto, execução e manutenção. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia da UFRGS, 1988.

DECA HYDRA. **Estudo do consumo de água:** Escola Municipal Integração. Vinhedo-SP. Relatório Interno desenvolvido pela Deca Hydra, 2003.

DE PAULA, Heber Martins. **Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia:** avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório, Goiás. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Goiás, 2005.

EPA. **Environmental Protection Agency**. Desenvolvido por Environmental Protection Agency dos Estados Unidos. Disponível em: <www.epa.gov>. Acesso em: 23 mai. 2007.

FAGÁ, **Francisca** Stella. Poluição dos oceanos. **Gazeta Mercantil**, 8 jun. 1998, p. 10.

FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. **Centro de Meteorologia Aplicada**. Porto Alegre-RS, 2008.

FIORI, Simone. **Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares**. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo-RS, 2005.

GALVÃO FILHO, J.B. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro: Ipea, 1995.

GELT, J. et alii. **Water in the Tuscon área: seeking sustentability**. Arizona, 2001.

GONÇALVES, O.M.; IOSHIMOTO, E.; OLIVEIRA, LH. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais**. Versão preliminar. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA – Documentos Técnicos de Apoio. N. F1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998.

GONÇALVES, Orestes Marraccini et alii.. Indicadores de uso racional da água para escolas do ensino fundamental e médio. **Revista Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 5, n. 3, jul./set., 2005.

GONÇALVES, O. M. et alii. **Indicadores de uso nacional de água para escolas de ensino fundamental e médio com ênfase em Índices de consumo**. São Paulo, Anais, vol. 4, n. 4, 2004.

GONÇALVES, P. M. Bases metodológicas para a racionalização do uso de água e energia no atendimento público no Brasil. (Dissertação de Mestrado). Escola Politécnica Universitária de São Paulo-SP, 1995.

GONÇALVES, R. Franci (coord.). **Uso racional de água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

HAZELTON, G. Derek. **Banco de dados do uso de água em escolas de Gauteng–Johannesburg**. Comissão de Pesquisa da Água, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em 12 dez. 2006.

ILHA, Marina S. de Oliveira. Avaliação de sustentabilidade ambiental de sistemas prediais hidráulicos e sanitários. **Revista Hydro**, São Paulo: Aruanda, ano 1, n. 4, jan./fev. 2007.

_____; et alii.. Avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos. **Revista Ambiente Construído**. Porto Alegre, v.1, n. 1, jan./jul., 1997.

KNAUER, L. G.; NERI, R. V. V. Avaliação de aspectos da educação ambiental no ensino fundamental de municípios pequenos a médios: o caso de Araçuaí, Minas Gerais. CD ROM dos **Anais do IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre-RS, 2004.

KOSE, H.; SAKAUE, K.; IZUKA, H. Measurement of water, electronic power and gas consumption and questionnaire about act of water usage in the apartment huse. In: CIB-W62. **Water supply and drainage for buildings**. 30, 2004, Paris. Proceedings... Paris: CIB W62, 2004, 20p.

LUCKOW FILHO, Norbert; STELLA, Vanessa; CURIA, Ana C.; SOARES, Áureo José. Uso racional de água: eliminações dos desperdícios e busca de soluções alternativas. CD ROM dos **Anais do IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre-RS, 2004.

LEAL, Ubiratan. Ataque em suas frentes. **Téchne**. São Paulo, v. 48, set./out., 2000.

LEITÃO, E.S. et alii.. Escola padrão de alvenaria (EPA) e o projeto nova escola (PNE): avaliação pós-ocupacional. In: **VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Florianópolis-SC, 1998.

LIPP, M.E.N. (Org.). **Crianças estressadas: causas, sintomas e soluções**. Campinas: Papirus, 2000.

LOUREIRO, C. Paradigmas do prédio escolar. In: Seminário Internacional NATAU 1998. Tecnologias do Século XXI. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo, 1998.

MAGRINI, Alessandra. **Metodologia de avaliação de impacto ambiental**. (Tese de doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ, 1992.

NOGUEIRA, Paulo Ferraz. **Água reutilizada pode afastar o fantasma da seca**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

NUNES, S.; ILHA, M. S. O. Aspectos qualitativos relacionados aos sistemas de reúso de água em edifícios. CD ROM dos **Anais do IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, Goiânia-GO, 2005.

OLIVEIRA, Lúcia Helena. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifício**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

_____; et alii. **Avaliação de desempenho de componentes economizadores de água em edifícios**. Goiás: FUNAPE, 2004.

ORNSTEIN, S.W. **Avaliação pós ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel, EDUSP, 1992.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. 1992. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/aguadir.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2007.

PENEDO, A. Apresentação das melhores práticas. Prêmio Água e Cidade. **Água e Cidade**, 2003. CD ROM, Circulação restrita.

PEDROSO, L. P.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; AMORIM, S.V. Considerações sobre o comportamento do consumo de água em escolas: estudo de caso da rede municipal de ensino de Campinas. CD ROM dos **Anais do IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, Goiânia-GO, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. **Dados demográficos**. Disponível em: <<http://www.pmerechim.rs.gov.br>>. Acesso em: 12 dez.2006.

QUINALIA, Eliane. Perda quase zero. **Téchne**, São Paulo, n. 101, ago. 2005.

REISDÖRFER, A.F. Água doce: um bem finito. **Conselho em Revista**. CREA-RS, n. 31, mar., 2007.

ROGGIA, M. N. **Contribuições para a estruturação de uma metodologia para implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações**. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Passo Fundo-RS, 2006.

SALERMO, Lia S. et alii. **Programa de conservação de água do Hospital das Clínicas da UNICAMP - Resultados Preliminares**. Campinas: UNICAMP, 2003. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepo/principal/eventos/agua/hc.pdf>>. Acesso em 23 ago.2006.

SANASA - Sociedade de Abastecimento e Saneamento S/A. Disponível em: <<http://www.sanasa.com.br>>. Acesso em: 30 mai. 2005.

SANTOS, D.C. **Programa de gestão do uso da água nas edificações**. Curitiba: UFPR, 2001. Projeto de pesquisa encaminhado ao CNPq.

SANTOS, Daniel Costa dos. Os sistemas prediais e a promoção de sustentabilidade ambiental. **Revista Ambiente Construído**. Porto Alegre. v. 1, n. 1, jan./jun., 1997.

SAUTCHÚK, Carla Araújo; MARRACCINI, Orestes. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações**. São Paulo: EPUSP, 2005.

SCHERER, Flávio Augusto. **Uso de água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação**. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica, São Paulo, 2003.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE ERECHIM. **Dados cadastrais e estatísticos das escolas municipais no período de jan./dez.-2006**, Erechim-RS, 2007.

SILVA, G.; TAMAKI, H.; GONÇALVES, O. Water conservation programs in university campi. University of São Paulo Case Study. In: CIB-W62. **Water supply and drainage for buildings**, 28.; 2002, Romênia. Processings... Romênia: CIB W62, 2002, 14p.

SILVA, M.G.; et alii.. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil. **Revista Engenharia e Ciência**, v. 4, n. 3, mai./jun. 2001.

SILVEIRA, Sandra S. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro: Ipea, 1990.

SUZUKI, E.H. **Aspectos físicos das escolas estaduais de Londrina-PR**. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP-SP, 2000.

TAMAKI, H. O. **A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais: estudo de caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. 2003. 151 p. (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre o uso racional da água**. São Paulo: Navegar, 2001.

TUCCI, Carlos E. M.; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. Disponível em: <<http://www.camaradecultura.org/gestao-da-agua.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2006.

UFBA – Universidade Federal da Bahia. **Programa de uso racional da água**. Pró-Reitoria de Planejamento e Administração. Salvador-BA: PROPLAD, 2006. Disponível em: <<http://www.proplad.ufba.br/aguapurap2.html>>. Acesso em: 02 dez. 2006.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. **Reúso da água**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=reuso.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2006.

VESENTINI, José William. **Brasil, sociedade e espaço**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1999.

VOGT, Carlos (Org.). **Água: abundância e escassez. Com Ciência. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. n. 13. Setembro, 2000. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/aguas/aguas01.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2006.

WERNECK, Guilherme Augusto Miguel. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí, RJ**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

YAMADA, E. S. **Os impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multi-familiares**. 2001. 111 p. (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

YWASHIMA, Lais Aparecida. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise da viabilidade econômica de instalações de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, 2005.