



Curso de Engenharia Civil

NANCY NUNES DE OLIVEIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
DE COBERTURA PARA FINS NÃO POTÁVEIS
DE PRÓPRIOS DA EDUCAÇÃO DA REDE
MUNICIPAL DE GUARULHOS**

Guarulhos

2008

Nancy Nunes de Oliveira

e-mail: nancy_oliver@itelefonica.com.br

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
DE COBERTURA PARA FINS NÃO POTÁVEIS,
DE PRÓPRIOS DA EDUCAÇÃO DA REDE
MUNICIPAL DE GUARULHOS**

Trabalho apresentado na graduação do curso de Engenharia Civil da Universidade Guarulhos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador do TCC: Professora Mestre Oranda Medeiros

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivenciando este momento.

Ao meu marido João Carlos, pela paciência e compreensão de tantas ausências no decorrer dessa jornada que está preste a terminar, tendo em vista uma nova jornada como Engenheira Civil.

E em especial ao professor e amigo Mestre Dr. Plínio Tomaz que me recebeu com carinho e atenção, com seus sábios conselhos e a riqueza de comentários, pela paciência e dedicação de tantas informações e fornecimentos dos seus livros e artigos ao no decorrer desse trabalho.

A Secretaria de Educação, em particular a diretora em exercício do DMPE Arqt^a Lílian Ap. F. de Guimarães pelos sábios conselhos e oportunidade me oferecida.

Agradeço aos Professores envolvidos que de alguma maneira torna possível à elaboração desse projeto pela dedicação, orientação e tolerância ao decorrer de todos esses anos.

"Sou apenas uma pessoa, mas ainda assim sou alguém.

Não sou capaz de fazer tudo, mas mesmo assim sou capaz de fazer algo.

Não renunciarei a fazer o pouco que puder."

Helen Keller

Resumo

A água é um recurso limitado e precioso. Embora cerca de $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra seja ocupada pela água, deste total 3% são de água doce, dos quais apenas 20% encontram-se imediatamente disponíveis para o homem. Além disso, a distribuição desigual da água pelas diferentes regiões do planeta faz que haja escassez do recurso em vários países.

Uma alternativa para a solução deste problema é a coleta da água de superfície além de proteger o meio ambiente, economizar energia, reduzir investimentos em infra-estrutura e proporcionar melhoria dos processos construtivos. O uso eficiente da água representa uma efetiva economia para consumidores, empresas e a sociedade de um modo geral.

A American Water Works Association –AWWA em 31 de janeiro de 1993, definiu a conservação da água como a prática, tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência do uso da água.

Algumas aplicações para o aproveitamento da água incluem entre outros possíveis, jardins de escolas e universidades, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, conforme NBR 15527/2007.

Os critérios de qualidade para o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis são baseados em requisitos de usos específicos, em considerações estéticas e ambientais e na proteção da saúde pública.

O estudo de pesquisa e levantamento das escolas municipais de Guarulhos apresentado neste trabalho ilustra o aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação, demonstrando que além de ser ecologicamente correto, o sistema pode ainda ser muito interessante economicamente. Onde há um aproveitamento significativo diante ao abastecimento, o investimento se torna financeiramente viável.

O cálculo da quantidade de água a ser coletada em uma escola deve levar em consideração o volume de chuva anual na região desejada, a superfície de cobertura por onde a água será coletada, a quantidade de água a ser coletada e a demanda do local.

Passa-se então ao questionamento da eficiência e à busca de alternativas para potencializá-lo. As diretrizes apresentadas trazem subsídios para novos programas de aproveitamento de água de chuva com atuação em edifícios escolares, além de outros parâmetros a serem considerados em futuros projetos.

Palavra chave: Águas, aproveitamento de água de chuva para uso não potável em escolas municipais.

Abstract

The water is a limited and precious resource. Although about $\frac{3}{4}$ of the Earth's surface is fully of water, only 3% of it is freshwater, which just 20% is immediately available for the man. Moreover, the different distribution of the water to the different regions of the planet makes a scarcity of this resource in many countries.

An alternative solution for this problem is the collection of the surface water; beyond protecting the environment and energy economy, it reduces investments in infrastructure and provides an improvement of the constructive processes. The efficient use of the water represents an effective economy for consumers, companies and society in a general way.

The American Water Works Association - AWWA in January 31st of 1993 defined the conservation of the water as practical, technologies and incentives that perfect the efficiency of the usage of the water.

Some applications for the exploitation of the water include, possible among others, schools and university's gardens, discharges in toilettes, irrigation of lawns and ornamental plants, vehicles washing, sidewalk and streets cleanness, courtyard cleanness, water mirrors and industrial uses, as NBR 15527/2007.

The quality criteria for the rain water exploitation for not potable ends are based on requirements of specific uses, in aesthetic and environmental consideration and in the public health protection.

The research studies and survey of Guarulhos municipal schools presented in this work, illustrates the cover rain water exploitation for not potable ends, proper of the education, and demonstrates that besides being ecologically correct, the system can be very interesting economically. Where it is a significant exploitation to the supplying, the investment becomes viable financially.

The calculation of the water amount to be collected in a school must take in consideration the volume of annual rain in the desired region, the covering surface by where the water will be collected and the site demand.

It passes then to the questioning of the system efficiency and the alternatives research to potentize it. The presented directives bring subsidies for new programs to rain water exploitation of the water to the school buildings, beyond other parameters to be considered in future projects.

Key word: waters, rain water exploitation for not potable use in municipal schools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Município de Guarulhos conforme UPR (Unidade de Planejamento Regional), separados por bairros

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano – 19/05/2008 _____ 20

Figura 1.1 Fortaleza de Templários: cidade de Tomar, Portugal, construída em 1.160 dC.

Fonte: Plínio Tomaz (palestra) – 2008 _____ 21

Figura 2 Vista da EM Terezinha Alves Mian – Profª. (Do Jardim Álamo), Guarulhos – SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 28/08/2008 _____ 31

Figura 2.1 Esquema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: Plínio Tomaz – 2003 _____ 33

Figura 2.2 Ciclo Hidrológico

Fonte: www.daescs.sp.gov.br – agosto de 2008 _____ 37

Figura 2.3 Vista do telhado metálico, tubos de PVC verticais de águas pluviais utilizados na construção da CMEI Elis Regina – (Vila Dinamarca), Guarulhos - SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 28/08/2008 _____ 39

Figura 2.4 das calhas metálicas de seção retangular, condutores verticais em PVC de água pluvial utilizado na construção da CMEI Elis Regina – (Vila Dinamarca), Guarulhos - SP

Fonte: Projeto executivo de instalação hidráulica. Barossi & Nakamura Arquitetos Ltda
folha 04/09 – abril de 2004 _____ 40

Figura 2.5 Caixa d'água elevada da CMEI Erico Veríssimo (Jardim Fortaleza), Guarulhos – SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 29/08/2008 _____ 42

Figura 2.6 Reservatório enterrado em concreto armado, onde há um compartimento para eletrobombas de $Q = 4\text{m}^3/\text{h}$, $P = 15\text{mca}$. POT= 1hp com pré-filtro de $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ", já na parte de captação de água de chuva com dois extravasor de $\varnothing 200$ e tela removível na entrada da água.

Fonte: Projeto executivo de instalação hidráulica. Prefeitura de Guarulhos, folha 05/05 – abril/2004 _____ 44

Figura 2.7 Amostradores de qualidade da água de chuva. Início da precipitação com a garrafa marrom (posição do relógio a 45 min)

Fonte: TUCCI – 2001 _____ 49

Figura 2.8 Dispositivo tipo grelha hemisférica tipo "abacaxi" para eliminação de folhas, pequenos animais e detritos utilizado na EM Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo) - Guarulhos - SP

Fonte: Projeto executivo EM Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo), L4a Arquitetura Tecnologia, folha 12 – agosto de 2006 _____ 51

Figura 2.9 Canaletas retangulares em ferro chato $\frac{3}{4}$ ", profundidade máxima de 300 mm, perfil L 1" x 1" x $\frac{1}{4}$ " e com grelha de ferro fundido utilizado no processo construtivo da CMEI Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo) – Guarulhos - Sp

Fonte: Projeto executivo CMEI Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo), L4a Arquitetura Tecnologia, folha 12 – agosto de 2006 _____ 53

Figura 3 Vista da EM Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo) – Guarulhos – SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 28/08/2008 _____ 63

Figura 3.1 Área de coleta: telhado = comprimento x largura

Fonte: Walterfall – 2002 _____ 64

Figura 3.2 Sistema de aproveitamento de água de chuva para rega de jardim e uso em bacia sanitária

Fonte: Elisabete Bertolo e Vitor Simões, 15 de abril de 2008 _____ 70

Figura 3.3 Projeto executivo da CMEI Teresinha Alves Mian cobertura em estrutura metálica com telhas de chapa de aço galvanizado, trapezoidal, espessura de 050mm. Com faces aparentes pré-pintada na cor vermelha (20micra), referencia VW – 001 Dicom.

Fonte: Projeto executivo EM Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo), L4a Arquitetura Tecnologia, folha 04 – agosto de 2006 _____ 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Fonte: Plinio Tomaz – 2003 _____ 45

Tabela 2 - Parâmetros de engenharia estimativos da demanda residencial de água potável para uso externo

Fonte: Plinio Tomaz – 2003 _____ 46

Tabela 3 - Coeficiente de runoff médios

Fonte: Plinio Tomaz – 2003 _____ 48

Tabela 4 Série sintética obtida da série histórica do Posto pluviométrico de Bonsucesso

Fonte: Plinio Tomaz – 2003 _____ 55

Tabela 5 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Fonte: ABNT NBR 15.527/2007 _____ 58

Tabela 6 – Frequência de manutenção

Fonte: NBR 15.527/2007 _____ 58

Tabela 7 – Método de Azevedo Neto (Prático)

Fonte: Plinio Tomaz – 2008 _____ 64

Tabela 8 – Método de Rippl

Fonte: Plinio Tomaz – 2008 _____ 67

Tabela 9 – Método da Simulação

SUMÁRIO

1 Introdução	16
1.1 Colocação geral do trabalho	19
1.2 Objetivo	25
1.3 Metodologia	26
2 Referencial Teórico: Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis	30
2.1 Definições	32
2.2 Normas para aproveitamento de água de chuva	35
2.3 Qualidade da água de chuva antes de atingir o solo	37
2.4 Qualidade da água de chuva após escoar sobre superfície impermeabilizada	38
2.5 Componentes principais para captação de água de chuva	40
2.6 Qualidade da água de chuva dentro do reservatório	42
2.7 Previsão de consumo de água não potável	45
2.8 Dimensionamento do reservatório	46
2.8.1 Coeficiente de runoff	47
2.8.2 First Flush	48
2.8.3 Dimensionamento das calhas e condutores	51
2.8.4 Método de Azevedo Neto (Prático)	54

2.8.5 Método de Rippl	55
2.8.6 Método da Simulação	56
2.9 Tratamento da água de chuva para fins não potáveis	57
2.10 Análise de Benefício/Custo	59
2.10.1 Pay-back	60
3 Estudo de Caso: Escolas Municipais de Guarulhos	61
3.1 Conceito de funcionalidade	62
3.2 Dimensionamento	64
3.2.1 Dimensionamento com o Método de Azevedo Neto (Prático)	65
3.2.2 Dimensionamento com o Método de Rippl	66
3.2.3 Dimensionamento com o Método da Simulação	68
3.2.4 Pay-back	69
3.3 Coleta de informações sobre os edifícios escolares municipais	69
3.4 Subsídios para projetos futuros	72
4 Conclusão	74
5 Referências Bibliográficas	78

1 INTRODUÇÃO

"Chuva de primavera – uma criança, ensina o gato a dançar".

Issa

O Brasil é marcado pela visível desigualdade social e pela dependência econômica e tecnológica dos países industrializados. Todavia, não obstante o fato de ser subdesenvolvido e pertencer ao denominado Terceiro Mundo, é classificado como uma nação industrializada e urbanizada. Nesse sentido, não foi dada, por quem de direito, a devida atenção as prováveis mudanças dos quadros: físico, biótico e abiótico das regiões agredidas pelo processo de industrialização.

Desenvolvimento compreende a busca de alternativas para o uso de recursos específicos em cada região na tentativa de satisfazer necessidades de subsistência da população, tais como alimentação, saúde, trabalho, habitação e educação.

A água é um elemento e fonte essencial à vida e ao desenvolvimento da humanidade. Tem uma relevante importância, considerando-se não apenas o fato de que é fundamental à sobrevivência da espécie humana, no atendimento às necessidades de água potável de uma demanda populacional, mas também, é primordial para o progresso da civilização, uma vez que é utilizada em diversas atividades para seu desenvolvimento.

No mundo, 97,5% da água é salgada. A água doce somente corresponde aos 2,5% restantes. Porém 68,9% da água doce estão congeladas nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas.

A água subterrânea compreende 29,9% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,266% da água doce representa toda a água dos lagos, rios e reservatórios (significa 0,007% do total de água doce e salgada existente no planeta) segundo Tomaz o Brasil possui cerca de 11,6% da água doce disponível nos mananciais do planeta. Essa quantidade, no momento, esta distribuída de forma muito heterogênea. A região sudeste com 46,65% da população do país possui apenas 6% dos recursos hídricos, enquanto a região norte, com cerca de 6,98% da população, possui 68,50% dos recursos hídricos. Mesmo nas regiões com disponibilidade de água, as regiões metropolitanas vêm enfrentando problemas de escassez, devido à poluição dos mananciais próximos as áreas urbanas. Para abastecimento

da região metropolitana de São Paulo, cerca da metade da água é captada no sistema a cinquenta quilômetros de área urbana, no Sistema Cantareira.

A água faz parte do patrimônio do nosso planeta. Cada continente cada povo, cada região, cada cidade é plenamente responsável aos olhos de todos. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano e sem ela não poderia conceber a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura como são.

Graça (1985) cita que, em decorrência da sua forma de utilização, a água, tornou-se um dos principais fatores que mais influenciaram a qualidade de vida do homem. Por ser um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento da vida, a água, desde os tempos mais remotos, tem sido objeto de preocupação. Basta observar que, na instalação dos primeiros grupos humanos, estes eram geralmente localizados nas proximidades de fontes e rios, e uma das prioridades, era a de estabelecer uma rede para a circulação de água, para atender as povoações. É notável na história das civilizações o progresso tecnológico na utilização da água para as mais diversas finalidades.

Entretanto, os meios naturais de transformação da água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, esta deve ser manipulada com racionalidade, preocupação e moderação, não devendo ser desperdiçada, poluída, ou 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. Para tanto, sugere-se então, a adoção da captação da água da chuva como ferramenta de gestão da água.

O reúso planejado da água faz parte da estratégia global para a administração da qualidade da água, proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Organização Mundial da Saúde (OMS – 2005). Ela prevê o alcance simultâneo de três importantes elementos que são a proteção da saúde pública, a manutenção da integridade dos ecossistemas e o uso sustentado da água.

O Brasil é um país de dimensões continentais, é a nação com a maior descarga da água doce do mundo, distribuída numa rede hidrográfica perene da mais extensas e mais densas. Isto deve ser considerado como um capital ecológico de inestimável importância ao desenvolvimento socioeconômico sustentado. No entanto, a má exploração e a contaminação dos recursos hídricos nos grandes centros urbanos, aliada à alta demanda de água, tem contribuído para a sua escassez.

1.1 Colocação geral do trabalho

O acelerado crescimento da população do município de Guarulhos com aproximadamente 1.236.192 habitantes em uma área de unidade territorial 318 Km² (IBGE – 2007), sobretudo a urbana, e o mau uso da água imposta pelos padrões de conforto e bem estar da vida moderna, se intensificaram nas últimas décadas. Sob este ponto de vista, o planejamento e o crescimento urbano, muitas vezes desordenado, favorecem a rápida degradação da qualidade da água e dos próprios mananciais abastecedores destas regiões. Esses fatores influenciam na qualidade da água disponível e no custo de infra-estrutura de abastecimento.

A predominância de uma população urbana em nossa cidade é um fato alarmante, a qual justifica uma política de desenvolvimento urbano sustentável, abordando, sobretudo, questões tais como, o aproveitamento de águas de chuvas para fins não potáveis, o uso racional da água e a conservação das fontes de abastecimento de água das cidades, como garantia de suprimento para as gerações futuras. Portanto, as novas urbanizações devem depender, sobretudo, das possibilidades de abastecimento do local.

As águas utilizadas para abastecimento do consumo humano e de suas atividades socioeconômicas são captadas principalmente em: fontes, rios, lagoas, represas, e aquíferos subterrâneos. São os chamados mananciais abastecedores.

Em Guarulhos, existe sistema de abastecimento de água potável, água de coleta e tratamento de esgoto pela concessionária SAAE (Serviço de Autônomo de Água e Esgoto

de Guarulhos). No decorrer da distribuição da água tratada, até os pontos de consumo, podem existir perdas físicas e não físicas significativas que representam em média aproximadas de 40%. Estas podem ser originadas de perdas físicas: que representa aproximadamente de 20% com vazamentos no sistema distribuidor, a adução de água bruta, o tratamento, a reservação e a distribuição, além de operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, já a não física: que representa os outros 20% de ligações clandestinas (favelas), hidrômetro cerca de 7%, e outros. O SAAE tem deficiência de 1 m³/s aproximadamente de água, por toda a região metropolitana onde a mesma passa por sistema de rodízio.

Tendo em vista que a cidade de Guarulhos tem 85% da água é fornecida pela concessionária do Município de São Paulo a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), 15% dos Reservatórios dos ETA (Estação de Tratamento de Água) do Cabuçu, Tanque Grande e Poços Artesianos na cidade.

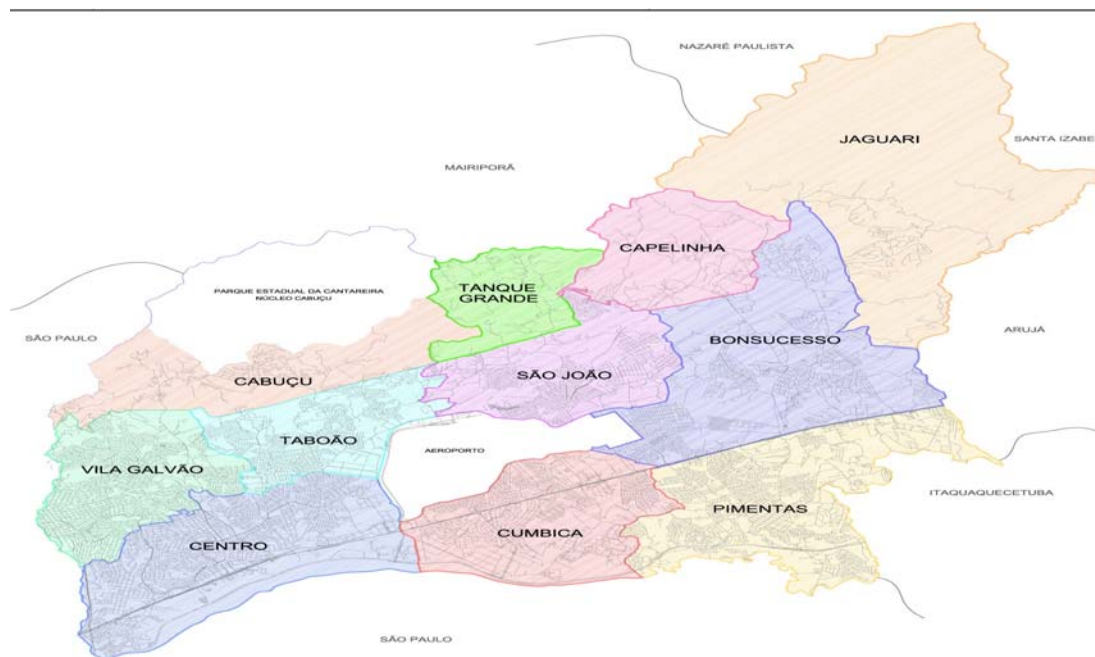


Figura 1 Município de Guarulhos conforme UPR (Unidade de Planejamento Regional), separados por bairros

Fonte: Prefeitura de Guarulhos Secretaria de Desenvolvimento Urbano – 19/05/2008

A conservação da água pode ser implementada com ações de aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis nos sistemas prediais escolares. No escopo desse trabalho serão abordadas as ações nos sistemas prediais que apresentam uma diminuição do consumo de água potável, enfocando-se os edifícios escolares. Outro fator, que levam à decisão para se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes:

- ✓ Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água.
- ✓ Região com disponibilidade hídrica maior/igual a 1200m³/habitantes x ano.
- ✓ Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- ✓ Retorno dos investimentos (pay-back) muito rápido.
- ✓ Instabilidade do fornecimento de água pública (rodízios).
- ✓ Exigência de lei específica.
- ✓ Locais onde a estiagem é maior que 5 meses.
- ✓ Locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

Aproveitamento da água de chuva é feito desde a antiguidade. Os primeiros registram que se tem do uso da água de chuva é verificado na pedra Mohabita, data de 830 aC, que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. Esta relíquia traz determinações do rei Mesa, de Moab, para a cidade de Qarhoh, dentre as quais destaca-se “... para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa”.

A Fortaleza dos Templários localizada na cidade de Tomar em Portugal em 1.1160 dC era abastecida com água de chuva.



Figura 1.1 Fortaleza de Templários: cidade de Tomar, Portugal, construída em 1.160 dC.

Fonte: Plínio Tomaz (palestra) – 2008

Como crescentes problemas de escassez dos recursos hídricos e dos conflitos sociais provocados pelo seu uso no mundo, o planejamento e a gestão desses recursos passaram a ser uma prioridade social e, em alguns casos, até uma questão de sobrevivência. Alguns países têm adotado instrumentos econômicos, como ferramentas de controle e racionamento do uso da água. Existem diversas experiências internacionais de aplicação de instrumentos econômicos para a gestão dos recursos hídricos.

A conservação da água está sendo feita na América do Norte, Europa e Japão. As principais medidas são o uso de bacias sanitárias de baixo consumo, isto é, 6 litros por descarga; torneiras e chuveiros mais eficientes quanto à economia da água; diminuição das perdas de água nos sistemas públicos de maneira que o tolerável seja menor que 10%; reciclagem; reúso da água e informações públicas. Porém, existem outras tecnologias não convencionais, tais como reúso de águas servidas residenciais (grey water), muito em uso na Califórnia e captação de água de chuva.

É importante salientar que, após a aprovação da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a nova proposta brasileira para a gestão dos recursos hídricos se encontra em pleno processo de implementação dos

estados brasileiros (Brasil - 1997). Ainda em 1997, foi instituída pelo Governo Federal, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), com atuação em todo o território brasileiro, definindo ações para reduzir a demanda e o consumo de água nos sistemas urbanos e nos sistemas urbanos públicos e nos sistemas prediais.

Em Guarulhos, a Lei Municipal nº 5.617, de 9 de novembro de 2000. Dispõe sobre a obrigatoriedade de construção de reservatórios de detenção ou retenção das águas pluviais nos lotes urbanos, edificados existentes ou no licenciamento da obra. E existe um Projeto de Lei nº 325/07 do Vereador Profº Auriel, que dispõe sobre o "Programa Municipal de Uso Racional de Água Potável e da outras providências", com vistas a retirar da propositura questões que, em tese consideramos de suma importância para o desenvolvimento sustentável da cidade e maior preservação da água potável – tais como a incidência do Programa sobre as edificações já existentes no Município, e espera a sua aprovação e sanção do Chefe do Poder Executivo, garantindo, deste modo, um avanço em nossa cidade nesse problema universal que é o uso racional da água potável, ao mesmo em relação às novas edificações da cidade.

Um programa de conservação da água constitui-se de medidas e incentivos. Medidas são as tecnologias e mudanças de comportamento, chamada de práticas, que resultam no uso mais eficiente da água. Os incentivos na conservação da água são as informações nos jornais, rádios, televisões, panfletos, workshops, etc, mostrando como economizar água.

Neste contexto, as escolas sendo instituições formadoras de cidadãos, deveriam ser também responsáveis pela gestão da água, implementando-se ações integradas que visem seu uso eficiente. É importante que ocorra nas escolas, a sensibilização e a conscientização da população brasileira, quanto ao uso racional da água, nos diversos Estados do país. Ou seja, em virtude de sua abrangência, a escola como agente formador, poderia formar gestores da água, despertando, conscientizando e disseminando esses conceitos junto ao meio acadêmico e à comunidade local, permitindo uma mudança cultural e de hábitos bastante ampla, quanto ao uso racional da água.(Scherer – 2003)

Observa-se que, as escolas públicas de educação básica (educação infantil, ensino fundamental e ensino médio), representam a maioria dos estabelecimentos de ensino no Brasil (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, 2003). Em Guarulhos são 87 escolas de ensino pré-escolar pública municipal, 107 escolas de ensino fundamental pública municipal (IBGE - 2007). Essas escolas são um potencial ainda pouco explorado, não sendo ainda prioridade a questão do aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis.

Nas escolas públicas, de modo geral, há um consenso entre os usuários que contribui sensivelmente para a manutenção de hábitos perdulários, relativos ao uso da água. O fato de que, a escola sendo pública, a fatura de água será sempre paga pelo Estado ou Município, e não pelo próprio estabelecimento escolar. Dessa forma, é muito comum que professores, funcionários e alunos, não tenham um comprometimento direto quanto à conservação de água. Porém, estes custos são pagos com o dinheiro público do contribuinte, através de impostos. Ou seja, é um conceito errôneo julgar que a água da escola pública é gratuita, e assim, justificar o descaso da instituição escolar em não usar a água de forma racional. (Scherer – 2003)

Medidas estruturadas, fundamentadas no conhecimento científico e tecnológico, devem ser implementadas sob a forma sistêmica e integrada. Assim, esta pesquisa visa servir de referência e instrumento de consulta à Secretaria de Educação de Guarulhos, que queiram implantar o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edificações escolares. O trabalho enfoca as instituições de ensino de educação básica da rede municipal, e apresenta algumas diretrizes para a implantação.

Estas proposições também geram subsídios para serem considerados em projetos futuros, que podem ser de interesse de órgão governamental e entidades voltadas à área de educacional.

Uma das vantagens da implantação de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edifícios escolares é a sua abrangência. A escola, sendo um agente formador de

cidadãos, pode desempenhar ações na preparação de gestores e multiplicadores, para atuarem na sociedade, conscientizando e desenvolvendo novas atitudes sobre o uso eficiente da água nas edificações.

Amparada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB nº 9.394/96, pode-se agregar ao currículo escolar, nos temas transversais, conteúdos e atividades que tratem de forma trans-disciplinar. Dentre esses temas, podem ser abordados questões como a preservação dos recursos hídricos, a correta utilização da água, o aproveitamento de água de chuva e a sua importância, entre outros, contribuindo para a formação crítica e cidadã dos alunos e da comunidade escolar.

A implementação de ações tecnológicas, voltadas ao aproveitamento da água em edificações escolares, pode ocasionar um grande impacto, não somente na conservação da água, no uso eficiente da água, mas também na racionalização dos recursos financeiros públicos. Ou seja, neste aspecto, usando-se a água de maneira racional, reduz-se o seu respectivo consumo e, conseqüentemente, menor será o valor da fatura a ser paga pelo Município de Guarulhos no final do mês.

Todavia, não basta apenas ter em mãos uma metodologia de aproveitamento de água de chuva, se também não houver uma reestrutura de todo o processo de concepção, operação e manutenção das escolas. Essa colocação também é válida em relação ao gerenciamento das atividades pertinentes à implantação e acompanhamento.

Tendo em vista que a Secretaria de Educação Municipal de Guarulhos é responsável pela operacionalização e a manutenção de seus estabelecimentos escolares, caberia também a essa entidade, a elaboração e a implementação de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em suas edificações, promovendo ações integradas para o uso eficiente da água.

A partir desses argumentos, considera-se neste trabalho, a necessidade de se apresentar um conjunto de diretrizes e outros parâmetros os quais sirvam de referência e auxílio, pra que a

Secretaria de Educação, ou outra entidade pública tenha uma visão mais ampla de todo o procedimento de pesquisa, implantação e gerenciamento do aproveitamento de água de chuva, aplicando-os corretamente em seus estabelecimentos.

É importante colocar que a Secretaria de Educação do Municipal de Guarulhos com incentivo do prefeito em exercício Sr. Elói Pietá, implantou e está coordenando diretamente o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em seis das suas unidades escolares, e o município conta também com um hospital no Bairro dos Pimentas, e a sede do SAAE no Bairro de Gopouva.

A elaboração das diretrizes para implantação do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edifícios escolares públicos, apresentadas nesta pesquisa, teve como modelo, a estrutura da Secretaria da Educação de Guarulhos na Grande São Paulo.

1.2 Objetivo

O objetivo principal desta pesquisa é propor um conjunto de informações, levantamento e diretrizes que contribuam e auxiliem o planejamento, a implantação e gerenciamento das atividades voltadas ao aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, a qual é responsável pelos estabelecimentos de ensino públicos brasileiros, através da Secretaria de Educação Municipal de Guarulhos.

1.3 Metodologia

Para a elaboração deste trabalho, serviram como fundamentos de estudo, reflexão, observação e conclusões, as seguintes proposições:

- ✓ Quantificação do número de edificações escolares municipais, distribuída.

- ✓ Levantamento das escolas com aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.
- ✓ Medidas para a utilização de meios que facilitem a captação de águas alternativas, entendido como o conjunto de ações promovidas pela Secretaria de Educação visando à adoção de soluções criativas por parte da engenharia civil na captação de águas alternativas advindas das chuvas.

A metodologia de pesquisa constou de um conjunto de três etapas distintas:

- ✓ Levantamento de dados e bibliográfica.
- ✓ Pesquisa de campo.
- ✓ Compilação e análise dos resultados.

Com parte de um método de pesquisa, procurou-se descobrir novos enfoques, levantar e sugerir hipóteses, além de apontar problemas e sugestões de melhorias, em relação ao tema desta pesquisa. Os estudos de casos tiveram apenas caráter exploratório (conhecer o ambiente escolar e suas várias iterações com os usuários e o uso da água na edificação), para a proposição de possíveis diretrizes, não sendo realizada qualquer intervenção física nas edificações (ou seja, não foi efetuado a troca de equipamentos, reparos, etc). Procurou-se avaliar a questão da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

A primeira constitui-se em um levantamento de dados e bibliográfica, mesmo sabendo que essa pesquisa é nova no Brasil. Dessa forma, obtiveram-se os elementos necessários que serviram como base conceitual para as demais etapas. Os principais temas abordados na pesquisa bibliográfica foram: aproveitamento de água de chuva, programas nacionais de conservação de água com atuação em edifícios.

Na segunda etapa, foram realizadas visitas as unidades escolares municipais, obtendo-se algumas informações sobre o processo de projeto, operação e manutenção das edificações escolares, efetuadas pelo Departamento de Manutenção de Próprios da Educação (DMPE), Secretaria de Obras Serviços Públicos (SOSP) e a Progresso e Desenvolvimento de

Guarulhos (PROGUARU), os trabalhos desenvolvidos de avaliação e comprometimento enquanto servidora municipal e tendo como incentivador o Mestre e Dr. Plínio Tomaz Engenheiro Civil e aposentado do SAAE.

Optou-se por elaborar um relatório fotográfico das seis escolas municipais envolvidas na pesquisa, procurando efetuar um levantamento de todos os documentos disponíveis das edificações escolares, tais como, projeto arquitetônico, projeto do sistema hidráulico, consumo de água pelo SAAE, área do telhado, volumes das caixas d'águas potáveis e não potáveis quantidades de aluno e funcionários, logradouro e vistorias in loco, entre outros.

Neste trabalho adotaremos 25litros/diaxhabitantes, coeficiente de runoff é de $C = 0,80$ e uma precipitação média anual de 1.569mm conforme dados da Universidade Guarulhos (UnG). (Tomaz – 2003)

Os Métodos adotados:

Método de Azevedo Neto (Prático): o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P = é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V = é o valor numérico do volume da água aproveitável o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

Método de Rippl: neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias, usando o diagrama pode-se fazer aplicação para série histórica de 10 anos de precipitações diárias.

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

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

$V = \sum S(t)$, somente para valores $S(t) > 0$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

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

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

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

V = é o volume do reservatório;

C = é o coeficiente de escoamento superficial.

Método da Simulação: neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta.

Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

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

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

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

Onde:

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

$Q(t)$ = 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.

Finalmente, na terceira etapa, nas escolas municipais analisadas em Guarulhos, foram caracterizados os sistemas hidráulicos e consideradas as possíveis dificuldades de implantação de ações tecnológicas em edifícios escolares municipais, levando-se em consideração à própria manutenção realizada nas edificações.

Tendo em vista a escassez da água, geralmente considerada uma hipótese restrita apenas às regiões áridas e semi-áridas, hoje assume uma importância estratégica para o desenvolvimento das nações ao redor do mundo – há uma necessidade cada vez maior de água e de boa qualidade.

Para este século, o acesso limitado à água em termos de quantidade e qualidade, poderá restringir o desenvolvimento econômico e sustentável em muitas regiões geográficas do mundo. O contínuo crescimento da população, em várias regiões do planeta, reduz gradativamente a quantidade de água disponível por pessoa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DE COBERTURA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

"Ó Deus perdoa este pobre coitado, que de joelhos rezou um bocado, pedindo pra chuva cair sem parar".

Luiz Gonzaga

No presente trabalho, o pressuposto é o aproveitamento de água de chuva através de telhados: cerâmico, fibrocimento, chapa galvanizada, e outros tipos de cobertura. Estima-se a economia de aproximadamente 30% de água pública quando se utiliza água de chuva.



Figura 2 Vista da EM Terezinha Alves Mian – Profª. (do Jardim Álamo), Guarulhos – SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 28/08/2008

É a água coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas. As águas de chuva que caem nos pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão inclusas no proposto. Salientamos que a água de chuva será usada para fins não potáveis, não substituindo a água tratada com derivado clorado e flúor usado para banhos, fazer comida ou ser ingerida, distribuída pelas concessionárias pública no caso de Guarulhos SAAE.

Faço uma colocação que água de chuva é aproveitada, ela não foi utilizada então o termo reúso, reaproveitamento, águas servidas não denomina o uso de água de chuva para fins não potáveis. E para não confundir a Lei estadual para se fazer reservatórios de detenção de águas a Lei nº 12.526 de 2 de janeiro de 2007 estabelece a fórmula empírica: $V = 0,15 \times AI$

$V = AI \times IP \times t$, onde: V - volume do reservatório (m^3), AI - área impermeabilizada (m^2), IP - índice pluviométrico = $0,06m/h$, t - tempo de duração da chuva = $1h$.

Neste trabalho adotaremos 25 litros/diaxhabitantes, e usaremos os métodos de Azevedo Neto (prático), da Simulação e de Rippl, para os dimensionamentos dos reservatórios, e a NBR 15.527/07.

Percebe-se que há um significativo aumento em obras de infra-estrutura, para a implantação de sistemas para melhoria da cidade, como de captação e tratamento de água, pois, estes estão diretamente relacionados com a qualidade da água e a distância de captação até o ponto final de consumo. Portanto, em muitos casos, é possível que a exploração de um determinado manancial abastecedor seja inviável economicamente. A disponibilidade de água, tanto em quantidade, quanto em qualidade, nas regiões urbanas, é cada vez mais reduzida.

Em virtude dos elevados custos de infra-estrutura para o aproveitamento de novas fontes de abastecimento, a demanda de água para uso doméstico, para este século, deverá ser atendida, em parte, pela redução dos desperdícios, pelo uso mais eficiente da água e o aproveitamento de água de chuva nos sistemas urbanos. Investimentos no setor de saneamento para a recuperação dos recursos hídricos e a proteção dos mananciais abastecedores, a fim de garantir o pleno abastecimento de água à população, também integram esse panorama.

2.1 Definições

As seguintes definições são importantes para o entendimento do aproveitamento de água de chuva e a visualização da figura (2.1) onde aparece o esquema de aproveitamento de água de chuva.

Água de chuva: é a água coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas.



Figura 2.1 Esquema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: Plínio Tomaz – 2003

È importante ressaltar que esse trabalho tem como modelo de aproveitamento de água de chuva, aqui considerado, é voltado para microbacias de telhados de áreas escolares da rede municipal de Guarulhos. No aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis são necessários alguns cuidados referentes à manutenção do sistema. Serão apresentadas algumas técnicas que poderão ser utilizadas para fazer a coleta de água de chuva.

2.2 Normas para aproveitamento de água de chuva

ABNT NBR 15.527/07 Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

O Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, decreta o Código das Águas, que no Título V, - Águas Pluviais, em seu artigo 103, preconiza que as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em contrário. Devendo ser ressaltado que a Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentado o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, não modificou o artigo 103 do Código das Águas.

O Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27/09/1978). O artigo 12, item III, ressalta que o sistema não potável resultante das águas pluviais não deve ser misturado ao sistema de água potável. Já o artigo 19 diz, que não podem introduzir águas pluviais nas redes de esgotos. O aproveitamento de parte das águas pluviais em água não potável, não impede o lançamento nos esgotos sanitários, e a concessionária dos serviços de água e esgoto passará a cobrar a estimativa do novo volume de esgoto que é lançado no coletor.

Há Associações Internacionais para Aproveitamento de Águas de Chuvas, com congressos a cada dois anos desde junho de 1982 (International Rainwater Catchment Systems Association IRCSA).

Em 1984, a conferência foi feita nas Ilhas Virgens no Caribe. Em 1987, na Tailândia; em 1989, nas Filipinas; em 1991 em Taiwan; no Quênia foi feita em 1993; China em 1995; Irã em 1995; no Brasil em 1999 e a última na Alemanha em setembro de 2001.

Na Alemanha, temos o projeto de norma DIN 1989 destinado à utilização de água de chuva. Em janeiro de 2003m tornou-se lei na Alemanha a Diretriz Européia 98/93/EG do Cocil for de Quality of Water for Human Consumption (Koenig, 2003). O interessante nessa lei, é

que não há restrição para o uso da água de chuva em residências, bacias sanitárias, irrigação de jardim, lavagem de roupas ou limpeza em geral. (Tomaz – 2003)

Pesquisas no Japão mostraram que com o uso da água reciclada (água de chuva ou água servida) para fins não potáveis, conseguiu-se reduzir o consumo de 30% da água potável. O regulamento do governo metropolitano de Tokyo de 1984 obriga que todo prédio com área construída maior que 30.000m² (trinta mil) ou quando o prédio use mais de 100m³/dia de água não potável, que seja feita reciclagem da água de chuva e da água servida. (Tomaz – 2003)

Leis no Brasil: Prefeitura Municipal de Curitiba – Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003, que criou o Programa de Conservação e Uso racional da água nas Edificações - PURAE; Prefeitura Municipal de São Paulo – Lei nº 14.018 de 28 de junho de 2005, institui o Programa Municipal de Conservação e uso Racional da Água em Edificações, que tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fonte alternativa para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água; Prefeitura Municipal de Guarulhos – Projeto de Lei nº 325/07, institui o Programa Municipal de Uso racional da Água Potável e dá outras providências;

No Brasil em áreas urbanas de modo geral, os primeiros 10m³ de água fornecida pelo serviço público é subsidiado, ficando o custo muito barato para o consumidor e deixando de lado a alternativa do uso da água de chuva. Em lugares onde não existe rede pública, é viável o uso da água de chuva. Até o presente momento, o uso da água de chuva em áreas urbanas é viável para consumo comercial e industrial ou em grandes prédios de apartamentos.

2.3 Qualidade da água de chuva antes de atingir o solo

A localização da água de 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, estações do ano, etc.), com a presença ou não de vegetação e também com a presença de carga poluidora.

As águas que caem nos continentes têm três destinos: penetram no solo, escoam diretamente pra os cursos de água ou evaporam-se. A parcela de água que percola no subsolo atravessa-o lentamente, alcançando os rios que a encaminham até aos mares. É o chamado Ciclo Hidrológico, um "circuito fechado" em escala planetária, e funciona como tal há bilhões de anos, sustentando a vida e participando no seu ciclo biológico.

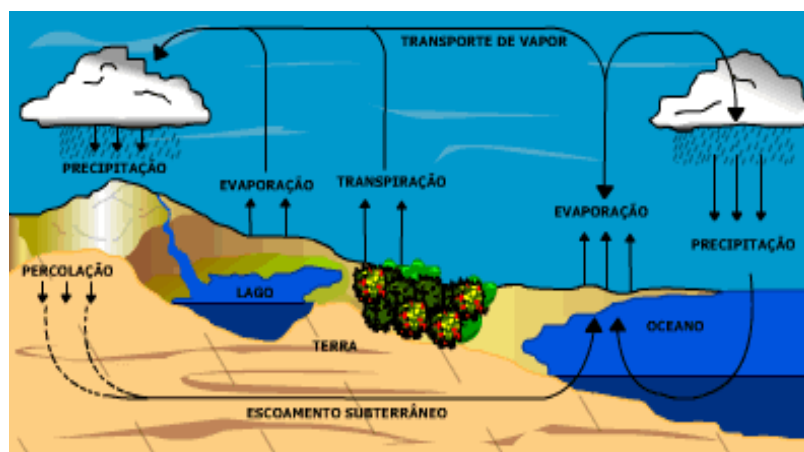


Figura 2.2 Ciclo Hidrológico

Fonte: www.daescs.sp.gov.br – 2008

Próximo ao oceano, a água de chuva apresenta elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro em concentração proporcionais às encontradas na água do mar. Distante da costa, os elementos presentes são de origem terrestres: partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cuja emissão são de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre. (Tomaz – 2003)

Em áreas como centros urbanos e pólos industriais, passam a ser encontradas alterações nas concentrações naturais 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. Se tivermos água destilada, o pH é de 5,6.

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 o fenômeno da “chuva ácida”.

Em Guarulhos já apresentou 5% de chuva ácida, mas com a saída de centenas de indústrias poluidoras do município praticamente não existe este fenômeno.

A região do Brasil do Estado do Espírito Santo até o Rio de Grande do Sul é considerada área com problemas potenciais para chuvas ácidas. (ONU – 1995)

2.4 Qualidade da água de chuva após escoar sobre superfície impermeabilizada

No aproveitamento de água de chuva, são usados os telhados e dependendo dos materiais utilizados em sua confecção, a contaminação poderá ser ainda maior. Exemplos de contaminantes são fezes de passarinhos, pombas, fezes de ratos e outros animais, bem como poeiras, folhas de árvores, revestimentos do telhado, fibrocimento, tintas, etc.



Figura 2.3 Vista do telhado metálico, tubos de PVC verticais de águas pluviais utilizados na construção da CMEI Elis Regina – (Vila Dinamarca), Guarulhos - SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 28/08/2008

A maioria das escolas municipais da cidade como vimos na Figura (2.3), os telhados são em estrutura metálica com telhas de chapa de aço galvanizado, espessura de 0,50mm, com as faces aparentes pré-pintadas na cor vermelha (20 μ m), e algumas mais antigas de fibrocimento que são os melhores para a captação de água de chuva.

As fezes de passarinhos e de outras aves e animais podem trazer problemas de contaminação por parasitas gastro-intestinais. Por este motivo, é aconselhável que a água de lavagem dos telhados, isto é, a primeira água, seja desprezada e jogada fora. (Tomaz – 2003)

O volume de água que deve ser rejeitado no first flush depende do tipo de material do telhado e da quantidade de contaminação a ABNT NBR 15.527/07 recomenda-se o descarte de 2mm da precipitação inicial. Mas se houver muitos pássaros, árvores ou indústrias poluidora deverão ser aumentado o first flush.

A média de coliforme fecal achado nos telhados cerâmicos foi de 8/100ml e 65/100ml para coliformes totais. Para telhados de chapa galvanizados achou-se 5/100ml e 15/100ml de coliforme fecais e totais respectivamente. Para telhados com asfalto tratado, achou-se 5/100ml e 15/100ml de coliforme fecais e totais respectivamente. (Tomaz – 2003)

2.5 Componentes principais para captação de água de chuva

Em geral, a superfície de recolha dos sistemas de aproveitamento de água de chuva é o telhado. A qualidade da água recolhida no telhado depende dos materiais utilizados na sua construção. Já para captação da água de chuva são necessárias calhas, condutores e coletores de águas pluviais que podem ser de diversos materiais: chapa galvanizada, chapa de cobre, PVC, cimento amianto, concreto e das mais variadas formas, dependendo das condições impostas pela arquitetura, bem como dos materiais empregados na confecção das mesmas.

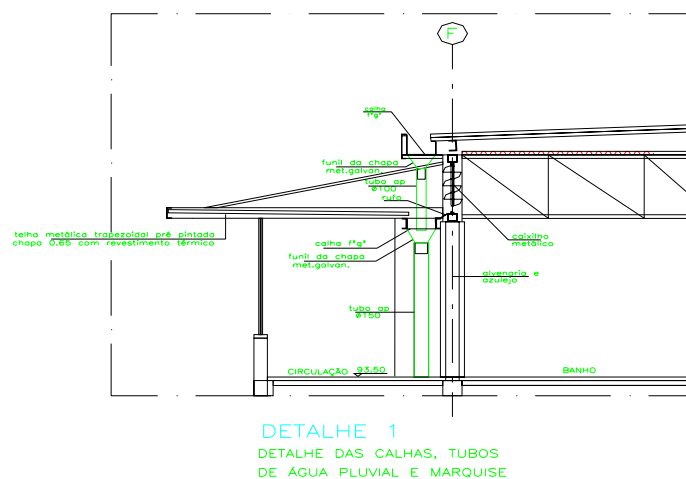


Figura 2.4 Detalhe das calhas metálicas de seção retangular, condutores verticais em PVC de água pluvial utilizado na construção da CMEI Elis Regina – (Vila Dinamarca), Guarulhos - SP

Fonte: Projeto executivo de instalação hidráulica. Barossi & Nakamura Arquitetos Ltda, folha 04/09 – abril de 2004

Na Figura (2.4) o telhado metálico trapezoidal pré-pintada de vermelho com capa de 0,65, com revestimento térmico, calha metálica de seção retangular e funil de chapa metálico galvanizado com tubo aparente de PVC diâmetro de 100mm na parte superior e tubo aparente de PVC de 150mm na parte inferior.

Recomenda-se que faça limpeza nos telhados e calhas uma vez por ano, já nas escolas municipais é feita à limpeza da calha pelo menos duas vezes ao ano.

Árvores eventualmente pendentes sobre eles devem ser podadas de forma a reduzir a quantidade de folhas e impossibilitar o acesso de gatos, roedores ou pássaros, os quais quer que conduzam ao aumento da deposição de detritos.

A primeira chuva, que contém muita sujeira dos telhados pode ser removida manualmente com o uso de tubulações, as quais podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza em que o homem não precisa fazer nenhuma operação (By Pass). Para remover em suspensão, usam-se peneiras com tela de 0,2mm a 1,0mm.

Já os reservatórios podem estar apoiados, enterrados ou elevados. Podem ser de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plástico, poliéster, etc. Deverá ser instalado um extravasor (ladrão) que deverá possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais.



Figura 2.5 Reservatório elevado de estrutura metálica da CMEI Érico Veríssimo (Jardim Fortaleza), Guarulhos – SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 29/08/2008

A Figura (2.5) é um reservatório elevado em estrutura metálica, com um volume de reserva de 15m^3 para aproveitamento de água de chuva na parte intermediária, um volume de 10m^3 de incêndio, e 25m^3 de água potável para consumo na parte superior, e na parte inferior casa das bombas.

2.6 Qualidade da água de chuva dentro do reservatório

A chuva poderá levar materiais pesados que estão no ar que se depositarão no fundo do reservatório, onde geralmente se forma uma pequena camada de lama.

Os microorganismos que vieram do telhado e dos encanamentos desenvolverão no reservatório, colocando em perigo aqueles que usarem a água de chuva para fins não potáveis, podendo causar diarreias. Mesmas amebas poderão ser encontradas nos reservatórios de água de chuva. (Tomaz – 2003)

Alguns cuidados especiais deverão fazer parte da manutenção, tais como, evitar-se a entrada da luz do sol no reservatório devido ao crescimento de algas. A tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada. A saída do extravasor (ladrão) deverá conter grade para que não entrem animais pequenos.

Sugere a norma ABNT NBR 15.527/07 a limpeza deverá ser feita nos reservatórios, uma vez por ano, nas escolas municipais está limpeza dos reservatórios e feita duas vezes ao ano, uma a cada semestre. Havendo a suspeita de que a água do reservatório está contaminada, deve-se adicionar hipoclorito de sódio a 10% ou água sanitária (cândida e outras).

O sistema de tratamento da água de chuva depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. Para um tratamento simples, pode ser utilizado: sedimentação natural, filtração simples e cloração. Podem-se utilizar também tratamentos complexos como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa.

Para exemplificar um esquema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, em uma escola municipal que possui água encanada. Teremos, no futuro, um sistema dual de distribuição de água fria, sendo um para água potável e outro para água não potável. O sistema de distribuição de água não potável será destinado principalmente para a descarga de bacias sanitárias.

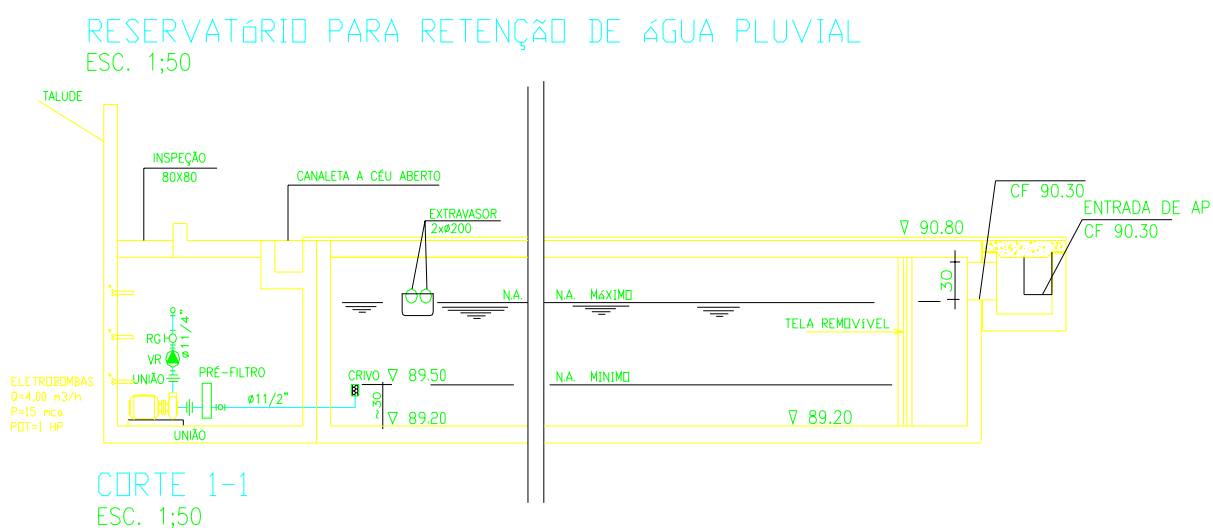


Figura 2.6 Reservatório enterrado em concreto armado, onde há um compartimento para eletrobombas de $Q = 4\text{m}^3/\text{h}$, $P = 15\text{mca}$. $POT = 1\text{hp}$ com pré-filtro de $\text{Ø } 1\frac{1}{2}"$, já na parte de captação de água de chuva com dois extravasor de $\text{Ø } 200$ e tela removível na entrada da água.

Fonte: Projeto executivo de instalação hidráulica. Prefeitura de Guarulhos, folha 05/05 – abril de 2004

2.7 Previsão de consumo de água não potável

Existe uma maneira de estimar o consumo de água potável residencial usando parâmetros de engenharia.

A grande dificuldade de se aplicar os parâmetros de engenharia é o grande volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis.

Nas tabelas (1) e (2) estão os parâmetros de engenharia usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água. Infelizmente não temos pesquisas sobre os mesmos em nosso país. Para o Brasil, os dados apresentados são estimados.

Tabela 1 Parâmetros de engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	5
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Nota: foi considerada a pressão nas instalações de 40m.ca.

Fonte: Plinio Tomaz – 2003

Tabela 2 Parâmetros de engenharia estimativos da demanda residencial de água potável para uso externo

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: Plinio Tomaz – 2003

Nas escolas municipais se dá no uso da água de chuva para fins não potáveis em bacias sanitárias, onde consideramos que cada aluno ocupe a bacia sanitária 4 (quatro) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 9 litros/dia. Considerando ainda um vazamento de 8% em cada descarga. Para uso de rega de jardins, passeios, pátios e refeitórios consideram que se gasta 2 litros/m²/dia para cada situação.

2.8 Dimensionamento do reservatório

Área em metros quadrados, da projeção horizontal da superfície onde a água é captada. Tendo em vista a demanda ou consumo de água de chuva é a media a ser utilizado para fins não potáveis num determinado tempo (anual, mensal ou diário).

Existem no mundo centenas de métodos de cálculos tais como Rippl, Simulação, métodos práticos e empíricos. A norma sugeriu alguns desses métodos num anexo não sendo obrigatório o seu uso, mas esclareceu a necessidade de justificar o método adotado. A norma salientou que a decisão do volume do reservatório deverá ser técnica, econômica e ambiental.

Neste estudo adotaremos os métodos de Rippl, Simulação e o método Prático (Azevedo Neto) como comparativo no dimensionamento e apresentaremos a demanda ou consumo de água de chuva para fins não potáveis mensais, e como fonte alternativa de água para complementar o reservatório podendo ser utilizada água potável da concessionária pública (SAAE), caminhões tanques, etc.

2.8.1 Coeficiente de runoff

Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitada não é o mesmo que o precipitado. Para isto, usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff, que é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada (chuva). Usa-se a letra C para o coeficiente de runoff.

Assim, pesquisamos coeficientes que vão de 0,90 a 0,67. Na Flórida se adota $C = 0,67$ e na Austrália se $C = 0,80$. (Tomaz – 2003)

Neste trabalho o melhor valor a ser adotado como coeficiente de runoff é de $C = 0,80$.

Conforme Tomaz (2003), o coeficiente de runoff para telhas cerâmicas varia de 0,80 a 0,90, para telhas corrugadas de metal varia de 0,70 a 0,90 (tabela 3).

Tabela 3 Coeficiente de runoff médios

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: Plinio Tomaz – 2003

Volume de água de chuva que pode ser aproveitado

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush}$$

Sendo:

V= volume da cisterna em litros

P= precipitação média mensal (mm)

C= coeficiente de runoff do telhado (adotaremos C = 0,80)

η first flush = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema

A= área do telhado em projeção (m²)

2.8.2 First Flush

O first flush existe quando a chuva cai num telhado seco num período mínimo de três dias.

As pesquisas do first flush em áreas superficiais impermeáveis como ruas e avenidas

embora sejam poucas, ainda são maiores que as feitas em telhados para captação de água de chuva.

A poeira, folhas e detritos ficam no telhado e quando chove há o arrastamento do mesmo em torno de 10 min a 20 min, dependendo da densidade de detritos que está no telhado no mínimo em três dias secos consecutivos.



Figura 2.7 Amostradores de qualidade da água de chuva. Início da precipitação com a garrafa marrom (posição do relógio a 45min)

Fonte: TUCCI – 2001

Conforme a Figura (2.7) podem-se observar amostras de águas de chuva de superfície impermeáveis dispostas segundo um relógio (figura de garrafas). No início existe pequena concentração; logo após a concentração é alta, para após alguns intervalos de tempo se reduz substancialmente.

Há um acordo universal que esta água dever ser jogado fora e a mesma é denominada de first flush ou carga de lavagem ou primeira água. O desacordo mundial está em quantificar a água que deve ser jogada fora, será de 0,4mm até 1,0mm.

As pesquisas feitas mostram que o first flush varia de 0,4L/m² de telhado a 8L/m² de telhado conforme o local. Na falta de dados locais sugere-se o uso do first flush no valor de 2L/m² de área de telhado. (Macedo – 2007)

O dispositivo de descarte de água do first flush deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados recomenda-se no mínimo 2mm, ou seja, 2 litros/m² de telhado. Também podem ser instalados dispositivos fabricados ou construídos in loco para o descarte da água do first flush ou para eliminação de folhas, pequenos animais e detritos. O dispositivo ou construção poderá ter operação manual ou automática sendo recomendado à operação automática. No caso das unidades escolares são feita instalações de telas ou grades para remoção de folhas, pequenos animais e detritos.

Na Figura (2.8) abaixo mostra o dispositivo construído in loco na CMEI Teresinha Alves Mian (Do Jardim Álamo) de captação de água de chuva na calha de alvenaria impermeabilizada, com a grelha hemisférica tipo "abacaxi" em ferro fundido, redução excêntrica de PVC serie R (Ø 1 x 1/2"), tubo de PVC serie R (Ø 1 x 1/2"), conforme projeto executivo adotado na construção do prédio escolar em 2006.

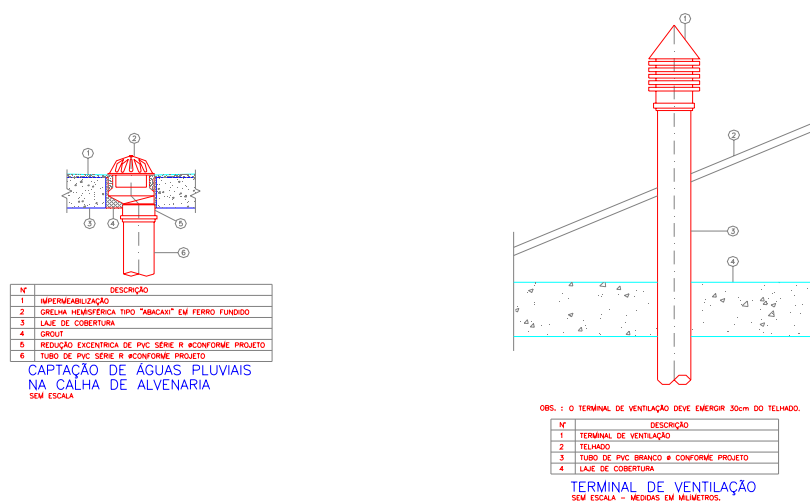


Figura 2.8 Dispositivo tipo grelha hemisférica tipo "abacaxi" para eliminação de folhas, pequenos animais e detritos utilizado na CMEI Teresinha Alves Mian – Prof^{ta} (do Jardim Álamo) – Guarulhos – SP

Fonte: Projeto executivo CMEI Teresinha Alves Mian – Prof^{ta} (Do Jardim Álamo), L4a Arquitetura Tecnologia, folha 12 – agosto de 2006

2.8.3 Dimensionamento das calhas e condutores

As calhas e condutores horizontais e verticais deverão obedecer às normas brasileiras de instalação de esgoto pluvial (NBR – 10.844/89) da ABNT, sendo que tais dimensionamentos são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido. (Macedo – 2007)

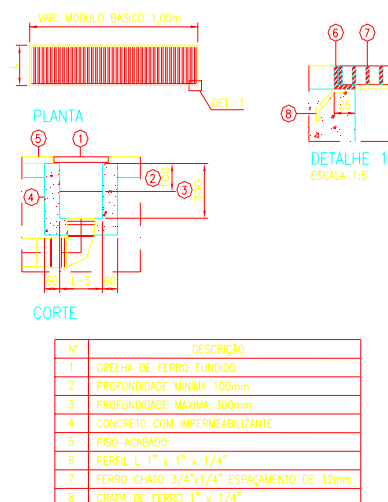
As calhas não são destinadas a conduzir água de um ponto a outro, mas sim receptáculos das águas de superfície dos telhados em conduzindo-as imediatamente aos tubos de queda.

A declividade das calhas deve ser a mínima possível e no sentido dos condutores verticais a fim de evitar o empoçamento de águas quando cessada a chuva.

O cuidado que se deve ter com as dimensões é devido apenas ao comprimento do telhado, pois quanto maior, mais água terá juntado na calha para um mesmo intervalo de tempo. Assim sendo, a largura deverá ser aquela suficiente para evitar que a água não caia fora quando é despejada pela telha e a altura deve ser a metade da largura. (Azevedo Neto – 2006)

Para o dimensionamento das calhas e condutores (verticais e horizontais):

- ✓ Devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica.
- ✓ As secções das calhas possuem as mais variadas formas, dependendo das condições impostas pela arquitetura, bem como dos materiais empregados na confecção das mesmas.
- ✓ Para segurança quanto ao escoamento, as calhas e condutores (verticais e horizontais) deverão ser dimensionados levando em consideração o valor da chuva crítica, ou seja, de pequena duração, mas de grande intensidade.
- ✓ Nos condutores verticais e horizontais podem ser instalados dispositivos fabricados ou construídos in loco o descarte da água do first flush ou para eliminação de folhas e detritos. O dispositivo ou a construção poderá ter operação manual ou automática.



CAPTAÇÃO DAS CANALETAS "RETANGULARES"

SEM ESCALA – MEDIDAS EM MILÍMETROS
OBSERVAÇÃO: A DIMENSÃO "L" ESTÁ INDICADA EM PROJETO.

Figura 2.9 Canaletas retangulares em ferro chato 3/4", profundidade máxima de 300 mm, perfil L 1" x 1" x 1/4" e com grelha de ferro fundido, EM Teresinha Alves Mian – Prof^ª (Do Jardim Álamo) – Guarulhos – SP

Fonte: Projeto executivo EM Teresinha Alves Mian – Prof^ª (Do Jardim Álamo), L4a Arquitetura Tecnologia, folha 12 – agosto de 2006

Vazão na calha é dada pela equação:

$$Q = I \times A \div 60$$

Sendo:

Q = vazão de pico (litros/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m²)

Segundo Tomaz usar 550L/sxha = 3,33L/minxm² para achar a vazão máxima nas calhas, uma observação interessante sobre a equação $Q = I \times A \div 60$ é que, usando o conceito da formula racional, ela não leva em conta o coeficiente de escoamento superficial C para o dimensionamento das calhas e condutores.

Existem tabelas da ABNT NBR 10.844/89 que fornece as vazões em litros por minuto, de acordo com os diâmetros dos condutores horizontais e da declividade. Quando uma calha é muito cumprida há o perigo de entupimento. Muitas vezes é necessário dividir a calha em diferentes condutores verticais.

2.8.4 Método de Azevedo Neto (Prático)

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P = é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V = é o valor numérico do volume da água aproveitável o volume de água do reservatório, expresso em litros (L)

2.8.5 Método de Rippl

Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias. Dados de precipitação mensais do posto pluviométrico de Bonsucesso em Guarulhos no período de 1940 1997.

Tabela 4 Série sintética obtida da série histórica do Posto pluviométrico de Bonsucesso

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		soma anual
225	245	179	78	60	55	38	39	76	122	135	211	média	1463
52	61	39	9	0	1	0	0	0	9	16	45	mínimo	232
493	574	548	236	292	364	179	183	434	281	381	488	máximo	4453
219	243	164	68	41	37	30	24	49	114	122	198	mediana	1309
88	81	54	12	4	3	1	0	2	26	46	94	95%	
109	120	83	27	6	4	2	2	4	39	67	112	prob.	411
												90	574
												85%	
122	135	100	34	15	8	4	2	14	65	72	129	prob.	699
145	161	107	38	17	8	4	4	18	70	87	134	80	792
												75%	
151	167	113	45	22	11	6	7	22	77	98	145	prob.	865
154	201	119	48	25	16	13	9	30	83	103	161	70	961
169	209	136	52	31	20	14	13	33	89	11	171	65	1046
181	212	150	55	35	21	16	18	40	97	113	180	60	1118
203	233	155	64	40	31	24	20	42	108	118	187	55	1224
												50%	
219	243	164	68	41	37	30	24	14	114	122	198	prob.	1309
228	245	171	80	44	42	32	32	56	129	128	201	45	1388
241	257	197	83	48	46	37	34	70	139	132	213	40	1497
251	275	206	91	53	51	40	38	89	148	145	228	35	1617
265	298	214	97	78	60	44	46	91	157	161	243	30	1756
302	306	224	103	87	70	47	55	105	171	169	253	25	1891
305	315	235	109	90	89	69	61	110	180	175	261	20	1998
323	345	269	123	100	95	77	82	134	188	190	298	15	2223
366	370	294	140	118	108	80	107	169	200	213	328	10	2492
383	404	314	157	186	137	117	127	199	213	248	410	5	2895

Fonte: Plinio Tomaz – 2003

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

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

$V = \int S(t)$, somente para valores $S(t) > 0$

Sendo que: $\int D(t) < \int Q(t)$

Onde:

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

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

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

V = é o volume do reservatório;

C = é o coeficiente de escoamento superficial.

2.8.6 Método da Simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

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

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

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

Onde:

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

$Q(t)$ = 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.

2.9 Tratamento da água de chuva para fins não potáveis

Baseado na experiência do CIRRA, o Dr. José Carlos Mierza apresentou alguns parâmetros básicos que devem ser seguidos conforme o uso e dos perigos de contato humano com a água de chuva para fins não potáveis.

Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, deve ser utilizada a tabela 5.

Tabela 5 Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência de 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência de 100 mL
Cloro residual livre □	Mensal	0,5 a 0,3 mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT (b), para uso menos restritos
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	<5,0 uT (b unidade de Turbidez)
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	<15 uH □ (uH □ unidade de Hazen)
	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTA Pode ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

□ No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção

Fonte: ABNT NBR 15.527/2007

Conforme a norma NBR 15.527/07 a manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a tabela 6.

Tabela 6 Freqüência de manutenção

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

Fonte: ABNT NBR 15.527/07

Nas escolas é adotada a limpeza dos reservatórios semestralmente, com a limpeza e desinfecção.

2.10 Análise de Benefício/Custo

Conforme Canholi, 1995 é recomendado em projetos urbanos de macro-drenagem a análise de benefício - custo devido à necessidade de se definir em bases racionais os riscos dos projetos; comparar as soluções alternativas; quantificar economicamente os custos e benefícios esperados e fornecer subsídios aos órgãos de decisão e definição das prioridades.

Os benefícios podem ser primários e secundários.

Os benefícios primários são definidos como os valores dos produtos e serviços que afetam diretamente o projeto, enquanto que os benefícios secundários são definidos como os benefícios macroeconômicos regionais de empregos e despesas que podem ser atribuídos ao projeto.

Os efeitos podem ser tangíveis e intangíveis.

Os efeitos intangíveis são aqueles que não são suscetíveis de uma avaliação monetária, tais como a inundação de uma igreja ou um monumento histórico. Vários projetos nos Estados Unidos foram inviabilizados por não terem prestado atenção aos efeitos intangíveis.

A análise de benefício/custo faz parte do denominado “Sub-committee on evaluation standards, inter agency committee on water resources, proposed practices for economic analysis of rivers basin projects, Washington, DC, may 1958 - Green Book” elaborado pela Harvard e muito usado nos Estados Unidos e sendo bastante divulgado no Brasil pelo professor Dr. José Meiches da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1966.

Até hoje a análise de benefício/custo é usada com bastante critério, para que não se cometam às falhas de uma superestimamão dos benefícios e subestimação dos custos.

Existem três maneiras práticas de se tratar com análise de benefício/custo. A primeira é maximizar as diferenças de custos, a segunda é maximizar a relação benefício/custo e a terceira é minimizar a relação custos/benefícios, usada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo.

Máxima relação (benefícios / custos)

Máxima diferença (benefícios - custos)

Mínima relação (custos / benefícios)

Como exemplo faremos um análise benefício/custo da CMEI Elis Regina (Vila Dinamarca), onde as tarifas de Serviços de Abastecimento de Água para Categoria Pública ou Categoria Comercial para consumo superior de $50\text{m}^2/\text{mês} = \text{R\$ } 8,75$ e Serviços de Coleta de Esgoto Sanitário para Categoria Pública ou Categoria Comercial para consumo superior a $501\text{m}^2/\text{mês} = \text{R\$ } 8,75$, conforme decreto municipal de tarifas e água e esgoto nº 23.448/2005.

2.10.1 Pay-back

O retorno do custo em relação ao benefício em meses. Significa que teremos o custo do reservatório de volta em benefício para o empreendimento.

3 ESTUDO DE CASO: ESCOLAS MUNICIPAIS DE GUARULHOS

"De tudo ficaram três coisa: a certeza de que estamos sempre começando... a certeza de que é preciso continuar... a certeza do que sermos interrompidos antes de terminar...

Portanto devemos fazer da interrupção um caminho novo... da queda um passo de dança... o medo, uma escada... do sonho, uma ponte... da procura, um encontro... do encontro uma conquista".

Fernando Pessoa

3.1 Conceitos de Funcionalidade

Nas escolas municipais de ensino infantil e fundamental tem como densidade populacional definida pela lotação de um ambiente principalmente da disponibilidade de área útil por aluno dentro da sala de aula. Para o ensino fundamental recomenda-se no mínimo 1,50m² por aluno em sala de aula comum com o ensino tradicional e uma lotação máxima de 35 alunos por professor, no ensino infantil a mesma dimensão com lotação máxima de 30 alunos.

As escolas municipais disponibilidade de ambientes para atividades específicas deve incluir no mínimo: biblioteca, laboratórios, salas de aulas e espaço projetado para a educação física. A definição do número de ambientes específicos deve seguir recomendações a respeito do tamanho consideradas ideal para uma escola, tanto em termos administrativos como acadêmicos, os órgãos como a Fundação para Desenvolvimento da Educação em São Paulo (FDE) fornecem subsídios para esta definição e relacionam um número fixo de salas de aulas aos ambientes específicos. (FDE – 1991)

A disponibilidade dos locais é importante para propiciar um ensino de qualidade, quando estas necessidades são explicitadas no programa arquitetônico, tendo em vista que os projetos das edificações escolares nem sempre conseguem atender adequadamente o uso crescente de equipamentos e materiais didáticos variados nas escolas.

A Secretaria da Educação do município nos últimos anos vem desenvolvendo um programa de construção, ampliação e reforma onde foram baseadas em projetos arquitetônicos, desenvolvidos especialmente para as funções pedagógicas, orientadas para acolher as diversas atividades próprias para cada método de ensino. Os projetos primam por oferecer ambientes acolhedores, bonitos e saudáveis, pois se pressupõe que a escola deve ser um lugar prazeroso, como condição para promover a aprendizagem e o desenvolvimento integral do aluno e ambiente agradável aos educadores para desenvolverem seu trabalho.

Neste trabalho estão relacionadas seis edificações escolares onde é utilizado o sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, onde compreende Educação Infantil com Creches de crianças de 1 a 3 anos e Pré-Escola com crianças de 3 a 5 anos, Educação Fundamental com 1º Ciclo com crianças de 5 a 10 anos de idade e Educação de Jovens e Adultos (EJA). As escolas no município em geral acolhem os dois tipos de ensino, infantil com creche e fundamental, com uma média de 1000 alunos em quatro períodos de aula, onde existe o período da manhã com horário de 7:00h as 11:00h, período intermediário com horário de 11:00h as 15:00h e o período da tarde com horário de 15:00h as 19:00h, o período noturno com horário de 19:00h as 23:00h.



Figura 3 Vista da EM Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo) – Guarulhos – SP

Fonte: Nancy N. de Oliveira em 28/08/2008

3.2 Dimensionamento



Figura 3.1 Área de coleta: telhado = comprimento x largura

Fonte: Walterfall – 2002

A quantidade de água de chuva que pode ser armazenada depende da área de coleta, da precipitação atmosférica do local e do coeficiente de Runoff. A área utilizada para a coleta da água de chuva é do telhado da escola. Dependendo do uso final da água coletada e do tratamento a ser aplicado.

No Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI) Elis Regina localizada no logradouro Rua José de Freitas, nº 340, no bairro Vila Dinamarca, Guarulhos – SP, com aproximadamente 1.033 alunos freqüentando as aulas em três períodos, com um corpo docente de 24 professores e 16 funcionários incluindo secretaria, limpeza e segurança. No total de pessoas = $1.033 + 24 + 16 = 1.073$ pessoas aproximado.

Tendo em vista uma quota percapita de 25L/diaxpessoas, em aproximadamente 20 dias de trabalho ao mês e uma precipitação média anual = 1.569mm, com um consumo médio

mensal de 1.073 pessoas x 25L/diাপessoa x 20 dias = 536.500L/diাপessoa, que temos um consumo médio mensal aproximado de 534m³/mês.

Consumo de água não potável:

$$\text{Área de Jardim} = 672\text{m}^2 \times 2\text{L/m}^2 \times \text{dia} \times 1\text{vez/mês} \div 1000 = 2\text{m}^3$$

$$\text{Área de Refeitório} = 242\text{m}^2 \times 2\text{L/m}^2 \times \text{dia} \times 20\text{dias/mês} \div 1000 = 10\text{m}^3$$

$$\text{Bacias Sanitárias} = 1.073\text{pessoas} \times 9\text{L/descarga} \times 1,2\text{descarga/dia} \times 20\text{dias} \div 1000 = 232\text{m}^3$$

$$\text{Total de água não potável} = 244\text{m}^3$$

Se levarmos em conta o consumo de água potável de 534m³ e a previsão de consumo de água não potável 244m³ (46%), temos um consumo de água potável de 290m³ (54%). Numa escola se dimensionada corretamente a economia chega a 46% da água potável, deixando de ser utilizada podendo haver distribuição nas casas entorno do prédio escolar.

3.2.1 Dimensionamento com o Método Azevedo Neto (Prático)

$$\text{Área do telhado} = 1.526,30\text{m}^2$$

$$\text{Precipitação média anual} = 1.569\text{mm} \div 2 = 785\text{mm}, \text{ onde } 785\text{mm} \div 12 \text{ meses} = 65\text{Litros/m}^2/\text{mês}.$$

$$\text{Taxa adotada} = 65\text{L/m}^2 \times \text{mês}$$

$$\text{Volume médio mensal de água de chuva} = 1.526,30\text{m}^2 \times 65\text{L/m}^2 \times \text{mês} / 1000\text{L} = 99,21\text{m}^3/\text{mês} \text{ (para 1 mês de seca)}.$$

$$\text{Volume médio mensal de água de chuva aproximado} = 100\text{m}^3/\text{mês}$$

Consumo médio mensal de água não potável = $100\text{m}^3/\text{mês}$

Tabela 7 Método Azevedo Neto (Prático)

Método Prático devido ao Prof. Azevedo Neto	Probabilidade média de 85%	
Precipitação média anual (mm)=	1569	
Metade	784,5	
Precipitação média mensal (mm/m ²) ou (litros/m ²)	65	
Exemplo:		
Área do telhado (m ²)=	1526,3	
Volume (litros)=	99782	litros
Volume (m ³)=	100	m ³
Número de meses de seca adotado (unidade)=	1	Depende da região
Volume da cisterna (m ³)=	100	
Volume de água que pode ser retirado mensalmente (m ³)=	100	

Fonte: Plínio Tomaz – 2008

3.2.2 Dimensionamento com o Método de Rippl

No método de Rippl usa-se uma série sintética de precipitações mensais, o mais longo possível para se aplicar o método e as precipitações se transformam em vazões que se dirigem ao reservatório.

É utilizada na Tabela (8) com um programa no microcomputador (Microsoft Excel), a aplicação do método de Rippl pode ser usado com segurança, o reservatório está suposto cheio no início do período crítico.

Tabela 8 Método de Rippl

Método de Rippl							
Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m³)	Obs.
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	272	100	1526,3	332	-232		
Fevereiro	243	100	1526,3	297	-197		
Março	223	100	1526,3	272	-172		
Abril	89	100	1526,3	109	-9	-9	
Maio	92	100	1526,3	112	-12	-21	
Junho	47	100	1526,3	57	43	22	
Julho	40	100	1526,3	49	51	73	
Agosto	30	100	1526,3	37	63	136	
Setembro	82	100	1526,3	100	0	136	
Outubro	121	100	1526,3	148	-48	88	
Novembro	114	100	1526,3	139	-39	49	
Dezembro	216	100	1526,3	264	-164	-115	
Total	1569	1200		1916			

Fonte: Plínio Tomaz - 2008

Volume médio mensal de água de chuva aproximado = 136m³/mês, então o reservatório terá um valor superestimado de 136m³/mês.

3.2.3 Dimensionamento com o Método da Simulação

O método da Simulação é por tentativas, qual o volume máximo anual que podemos tirar de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

Tabela 9 Método da Simulação

Método da Simulação: é o melhor. Entrada de dados em amarelo

Área=	1526,3
Consumo mensal (m³)=	100
Volume da cisterna (m³)=	76

Coronel Neves									
Meses	Precipitação media mensal (mm)	Demanda constante (m³) UW	área de captação (m²)	Volume de chuva (m³) CRW	Volume da cisterna (m³) SV	Nível do res. antes RSV início igual a zero	Nível do res. depois RSV'	OFV overflow	Suprimento Rep. água CW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jan	272	100	1526	332	76	0	76	156	0
fev	243	100	1526	297	76	76	76	197	0
Mar	223	100	1526	272	76	76	76	172	0
Abr	89	100	1526	109	76	76	76	9	0
Mai	92	100	1526	112	76	76	76	12	0
Jun	47	100	1526	57	76	76	33	0	0
Jul	40	100	1526	49	76	33	-18	0	18
Ago	30	100	1526	37	76	0	-63	0	63
Set	82	100	1526	100	76	0	0	0	0
Out	121	100	1526	148	76	0	48	0	0
Nov	114	100	1526	139	76	48	76	11	0
Dez	216	100	1526	264	76	76	76	164	0
Total anual	1569	1200		1916				721	81
		Volume total						soma OVERFLOW	soma SUPRIMENTO

Fonte: Plínio Tomaz - 2008

Tem probabilidade de funcionamento de contenção em 83,3% do ano.

Observação: Volume do reservatório de água de chuva existente é de 75,55m³ estando abaixo do volume médio mensal. Deverá ter no mínimo 100m³ pelos dimensionamentos realizados com três métodos de cálculo onde o método prático resultou em um volume de 100m³, o método de rippl resultou em 136m³ e o método da simulação resultou em 100m³ com um aproveitamento de 83,3% para não ter problemas de suprimento e garantir melhor funcionalidade.

3.2.4 Pay-back

Volume de água de chuva = 100m³/mês

Benefício = 100m³/mês x R\$ 17,50/mês = R\$ 1.750,00/mês

Custo do Reservatório = 75,55m³ x US\$ 150 x R\$ 2,33 = R\$ 26.404,725

Custo do Reservatório ÷ Benefício = R\$ 26.404,725 ÷ R\$ 1.750,00 = 15,08 meses

Considerando que em aproximadamente 15 meses o reservatório paga o investimento realizado.

Dólar: US\$ 1 = R\$ 2,3270 do dia 27 de outubro de 2008, fonte: Banco do Brasil às 16:52h.

3.3 Coleta de informações sobre os edifícios escolares municipais

A coleta de informações sobre os edifícios escolares é um item muito importante, sobretudo no que se refere à viabilidade técnica, a abrangência e ao planejamento orçamentário das atividades do sistema de aproveitamento de água de chuva. E ainda, essas

informações podem contribuir como subsídios na melhoria dos projetos dos sistemas prediais das edificações escolares, em especial, no sistema hidráulico. No entanto, o levantamento das características físicas e funcionais do edifício, juntamente com a definição de um diagnóstico preliminar da captação da água de chuva.

Para a coleta de água de chuva é necessária a instalação de condutores horizontais, di

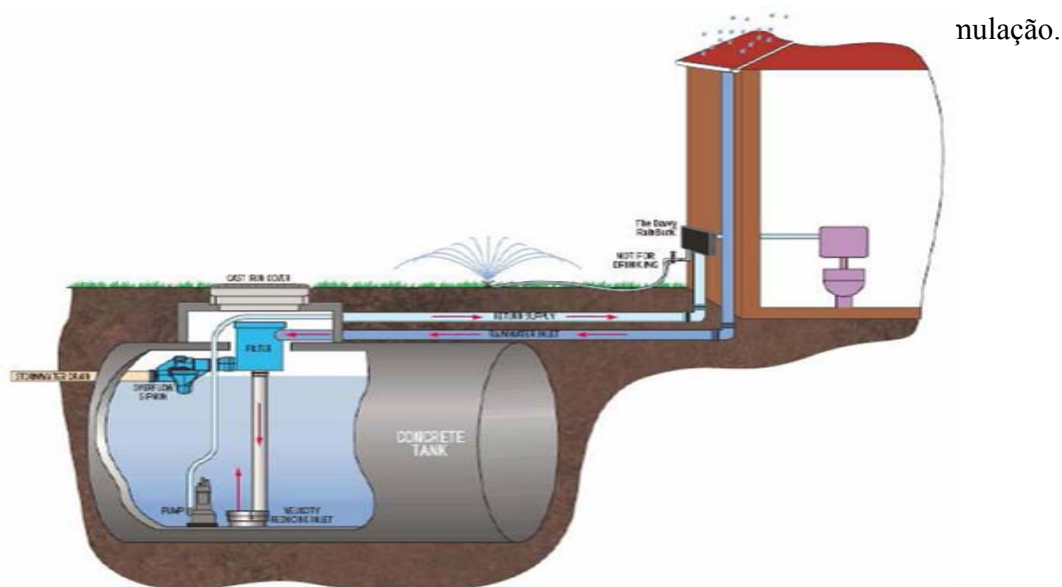


Figura 3.2 Sistema de aproveitamento de água de chuva para rega de jardim e uso em bacia sanitária

Fonte: Elisabete Bertolo e Vitor Simões, 15 de abril de 2008

No Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI) Erico Veríssimo “Jardim Fortaleza” localizada no logradouro Rua Hélio de Souza, nº 1500, no bairro Jardim Fortaleza, Guarulhos – SP, com aproximadamente 927 alunos freqüentando as aulas em três períodos, com um corpo docente de 33 professores e 45 funcionários incluindo secretaria, limpeza e segurança. No total de 1.000 pessoas aproximadamente, tendo em vista um consumo médio mensal de 500m³/mês de água potável, mas com um reservatório adotado de 15m³ de volume de água de chuva para fins não potáveis.

Centro Municipal de Educação Infantil Prof^a Teresinha Alves Mian localizada no logradouro Rua José de Souza Abrantes, s/nº, no bairro Jardim Álamo, Guarulhos – SP, com aproximadamente 1.115 alunos freqüentando aulas em quatro períodos, com um corpo docente de 49 professores e 23 funcionários. No total de 1.077 pessoas, tendo em vista o consumo médio mensal de 539m³/mês de água potável, mas com um reservatório adotado de 16m³ de volume de água de chuva para fins não potáveis com uma particularidade este reservatório e utilizado para reserva de incêndio de 8m³ para hidrantes e 8m³ para válvulas de descarga.

Escola Municipal Chico Mendes localizada no logradouro Avenida José Miguel Ackel, s/nº, no bairro Jardim Oliveira, Guarulhos – SP, com aproximadamente 706 alunos freqüentando aulas em três períodos, com um corpo docente de 36 professores e 22 funcionários. No total de 764 pessoas, tendo em vista o consumo médio mensal de 382m³/mês de água potável.

Escola Municipal Manoel Bomfim (Lavras I) localizada no logradouro Estrada das Lavras, nº 100, no bairro de Lavras, Guarulhos – SP, com aproximadamente 1.159 alunos freqüentando aulas em quatro períodos, com um corpo docente de 42 professores e 47 funcionários. No total de 1.248 pessoas, tendo em vista o consumo médio mensal de 642m³/mês de água potável.

Escola Municipal Glorinha Pimentel (Soinco) localizada no logradouro Rua Urbano Santos, s/nº, bairro Jardim Soinco, Guarulhos – SP, com aproximadamente 1.584 alunos freqüentando aulas em quatro períodos, com um corpo docente de 72 professores e 49 funcionários. No total de 1.705 pessoas, tendo em vista o consumo médio mensal de 853m³/mês de água potável.

Nestas três escolas municipais citadas acima foi adotado um reservatório de 5m³ de volume de água de chuva para fins não potáveis nestes casos a água de chuva só é usada para jardim e limpeza de pátio.

Para o desenvolvimento da experiência, vários critérios para a base de escolha da amostra podem ser definidos. Um deles, por exemplo, poderia ser o maior e melhor o dimensionamento do reservatório do consumo de água de chuva para fins não potáveis, verificar qual a área do telhado e dimensionar o volume de água a ser coletada para uso de bacias sanitárias, lavagem de pátio e refeitório, rega de jardim, e de reserva de incêndio. Ou ainda, selecionar a escola municipal com maior número de alunos matriculados e que frequentam regularmente a escola, e o número de professores e funcionários, e assim, analisar a influência quanto ao uso e o desempenho do sistema de captação de água de chuva para fins não potáveis, sua economia, e o respectivo consumo de água na edificação.

3.4 Subsídios para projetos futuros

A coleta de informações sobre o ambiente construído, em especial os reservatórios de água de chuva, pode gerar subsídios para melhorias de projetos futuros de edifícios escolares. Portanto, a questão do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edifícios escolares, não só envolve a utilização de tecnologias poupadoras de água, mas também, melhorias para o uso eficiente da água de chuva, nos projetos de arquitetura e dos próprios sistemas prediais.

Por exemplo, na Figura (3.3) abaixo se pode constatar uma falha na concepção do projeto arquitetônico (projeto padronizado das escolas municipais), detectada em um dos edifícios escolares citados neste trabalho a CMEI Teresinha Alves Mian com uma área de telhado aproximadamente de 1.590m², neste caso a área de telhado utilizada para o dimensionamento do reservatório de água de chuva não foi levada em consideração.

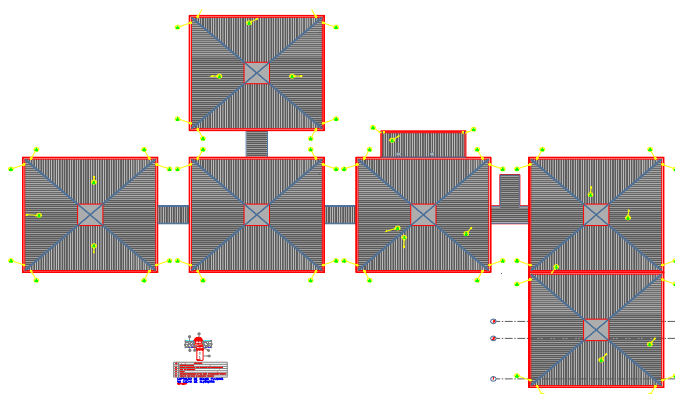


Figura 3.3 Projeto executivo da CMEI Teresinha Alves Mian cobertura em estrutura metálica com telhas de chapa de aço galvanizado, trapezoidal, espessura de 050mm. Com faces aparentes pré-pintada na cor vermelha (20micra), referencia VW – 001 Dicom.

Fonte: Projeto executivo EM Teresinha Alves Mian – Profª (Do Jardim Álamo), L4a Arquitetura Tecnologia, folha 04 – agosto de 2006

Por outro lado neste caso, o projeto de aproveitamento de água de chuva utilizou a mesma água para reserva de incêndio. Depende da Secretaria de Educação Municipal de Guarulhos, definir metas de um programa de aproveitamento de água de chuva, que atenda todos os edifícios escolares. Em função deste trabalho e das informações levantadas, e dos condicionantes econômicos e financeiros, pode-se estruturar metas de curto e longo prazo, além de definir quais escolas farão parte, ou qual região deverá ser priorizada, e assim por diante.

4 Conclusão

"A verdadeira amizade somente existe entre aqueles que desejam aprender ou para o seu melhor prazer ou para melhor aprender ou para melhor entendimento do mundo".

Marsílio Ficino

No desenvolvimento deste trabalho discorreu-se sobre o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edificações escolares da rede municipal de Guarulhos, enfocando as escolas de educação infantil e fundamental, elaborando-se um conjunto de diretrizes para a implantação e o gerenciamento por meio do Departamento de Manutenção de Próprios de Educação da Secretaria da Educação do Município de Guarulhos.

A semelhança tanto da administração quanto organizacional, existente nas Secretarias Municipais e Estaduais de Educação, permite que as diretrizes, propostas neste trabalho, possam ser empregadas por qualquer Secretaria de Educação, em escolas de qualquer região do país.

No entanto, é importante colocar que, essas diretrizes, também são validas para instituições escolares públicas e particulares de qualquer nível e dependência administrativa, ou até mesmo a de ensino superior que neste caso pode ser pública ou particular, mas dentro da autonomia administrativa que a lei lhe faculta. Essas instituições, por apresentarem maior autonomia, além de serem centros de pesquisa, são também fontes potenciais para o desenvolvimento da prática de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

As diretrizes apresentadas neste trabalho devem ser constantemente aprimoradas, uma vez que, adotado o sistema de aproveitamento de água de chuva deve possuir ações contínuas para a estabilização dos valores de consumo mínimos alcançados. Além da necessidade podem surgir ao decorrer dos anos e, por isso, devem ser efetuadas manutenções e correções nas ações do aproveitamento de água de chuva, permitindo resultados cada vez melhores.

Espera-se que este trabalho contribua para melhoria do uso eficiente da água de chuva nas edificações escolares e também nas condições físicas e de concepção dos sistemas hidráulicos prediais, onde se possam usufruir as condições de conforto e conservação da água, decorrentes da utilização de tecnologia de aproveitamento da água de chuva, atendendo-se as necessidades atuais e futuras dos usuários.

Este trabalho e todas as informações e comentários aqui estabelecidos, são apenas sugestões de melhorias dos edifícios escolares municipais, desde a fase de geração, uso/operação, e manutenção, tudo dentro da norma no que se refere ao aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, uma vez que é um processo inicial na gestão da água em edifícios escolares.

Ao longo desse trabalho, varias conclusões específicas e outras opiniões foram emitidas sobre o uso e a implantação do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

As diretrizes propostas devem passar, periodicamente por aprimoramento, fundamentado nas experiências e dentro da norma, levando-se em conta à região ou locais, de cada instituição de ensino que tenha adotado o conjunto de tecnologias e diretrizes do aproveitamento de água de chuva. O envolvimento da Prefeitura e da Secretaria de Educação do Município de Guarulhos para aplicação destas diretrizes em suas respectivas unidades escolares, uma vez que existe em atividade o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no município, conduzido pelo Departamento de Manutenção e Próprios da Educação, vem obtendo resultados satisfatórios em relação ao aproveitamento de água de chuva.

O potencial de edificações escolares públicas no país é bastante significativo. É interessante o desenvolvimento do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em escolas nas áreas urbanas, pois, são nos centros urbanos que, na maioria das vezes ocorrem os maiores problemas de abastecimento e escassez de água no país, tendo em vista que a conservação da água pode ser bastante expressiva.

Dentre as unidades escolares onde aplicado o sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, apresentados no Capítulo 3, constatou que em todos os casos, a economia de água potável mostra-ser bastante interessante economicamente, mesmo com um dimensionamento do volume de água de chuva pequeno com investimento viável e um pay-back rápido.

A situação política, econômica e social brasileira deste século coloca imensos desafios dentre eles, está a conservação da água e o uso nas edificações e a própria conservação dos recursos hídricos. Neste caso, o crescimento econômico e sustentável da nação deve vir acompanhado de uma mudança na postura do poder público, quanto às questões de racionalização dos insumos prediais, dos recursos financeiros e a preservação do meio ambiente.

A título de complementação e aprimoramento deste trabalho, considerando-se a grande falta de índices nacionais referentes ao consumo de água em edificações escolares, propõe-se a realização de pesquisas com o objetivo de levantar parâmetros de consumo de água potável e não potável em edifícios escolares, em diversas regiões do país. Neste caso, devem ser levantados índices de referência significativos e de interesse, para subsidiar e aprimorar as ações de futuras implantações de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis podendo compor ou complementar o sistema de cálculo e comparação de indicadores de consumo de água nas escolas.

Uma tecnologia nova para criar raiz e ser bem desenvolvida deve conter embasamento, conhecimento científico e empírico. Assim sendo, este trabalho servirá para auxiliar estudantes de engenharia, arquitetura, técnicos, especialistas e estudiosos a aprofundarem seus conhecimentos sobre essa nova tecnologia a ser implantada no Brasil.

5 Referências Bibliográficas

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 611/81 ***Instalações de esgoto pluvial.***

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 5.626/98 ***Instalação predial de água fria.***

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 10.844/89 ***Instalações prediais de águas pluviais.***

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 15.527/2007 ***Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.***

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – ***Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos,*** 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.

BERTOLO, ELISABETE; SIMÕES, VITOR. ***Novas Tecnologias e Potenciais Produtos aplicáveis no aproveitamento e tratamento de Água Pluvial,*** Curso sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial, Componentes do SAAP, ANQIP, 69p. Instituto Superior de Engenharia, dias 7 a 15 de abril de 2008, Portugal.

CANHOLI, ALUÍSIO PARDO. ***O reservatório para controle de cheias da Av. Pacaembu,*** Revista do Instituto de Engenharia número 500 de 1994. São Paulo: IE, 1994.

FDE, Fundação para Desenvolvimento da Educação em São Paulo. ***Subsídios para esta definição e relacionam um número de fixo de salas de aulas aos ambientes específicos.*** São Paulo – 1991.

GUARULHOS. Lei Municipal nº 5.617, de 9 de novembro de 2000. Código de Obra. *Dispõe sobre a obrigatoriedade de construção de reservatórios de detenção ou retenção das águas pluviais nos lotes urbanos, edificados existentes ou no licenciamento da obra.* Diário Oficial [do] Município de Guarulhos, Guarulhos, 14 nov. 2000. Ano 1, n.25, 15p.

GUARULHOS. Projeto de Lei nº 325/07 *Institui o Programa Municipal de Uso Racional da Água Potável e dá outras providências.*

GRAÇA, M. E. A. *Formulação de modelo para avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de coleta de esgotos sanitários.* 1985. 357p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.

GRAÇA, M. E. A.; ANTONIOLI, P. E.; SAES, F. *Gerenciamento de facilidades: agregando valor ao negócio.* Técnica, São Paulo, n.56, p.8, nov. 2001.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística) – www.ibge.gov.com acesso em 09/09/2008.

MACEDO, JORGE ANTÔNIO BARROS DE. *Águas & Águas.* Belo Horizonte – MG: CRQ – MG, 2007, 3ª edição, 1027 p. IBNS – 10:85-90156-89-0, IBNS – 13: 978-85-90156-89-5.

MACHADO, FLÁVIA OLÁIA. *Gerenciamento Sustentável das águas pluviais.* São Carlos – SP, 2000 10 p.

MAY, SIMONE. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.* São Paulo, 2004 190 p. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

MEICHES, JOSÉ. *Contribuição para o estudo do aproveitamento para finalidades múltiplas de cursos de água. Revisão geral dos problemas associados à utilização de recursos hídricos*. São Paulo, 1966, EPUSP, 133 p.s. Tese apresentada a EPUSP em 1966.

NETTO, JOSÉ M. DE AZEVEDO; MELO, VANDERLEY DE OLIVEIRA. *Instalações prediais hidráulicas – sanitárias*. São Paulo, Edgard Blücher, 1988, 185 p. ISBN 85-212-0020-x.

SCHERER, FLAVIO AUGUSTO. *Uso racional da água em escolas públicas: diretrizes pra secretarias de Educação*. São Paulo, 2003 274 p. Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

TÉCHNE, REVISTA DO ENGENHEIRO CIVIL, *Como construir: Sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis*. Alves, Wolney Castilho; Zanella, Luciano; Santos, Maria Fernanda Lopes dos; edição 133, ano 16 de abril de 2008, p. 99 a 104.

TOMAZ, PLINIO. *Aproveitamento de água de chuva*. São Paulo, Navegar, 2003, 180p. ISBN: 85-87678-23-x.

TOMAZ, PLINIO. *Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais*. Navegar, 2002, 452p. ISBN: 85-87678-07.

TOMAZ, PLINIO. *Poluição Difusa*. São Paulo, Navegar, 2006, ISBN: 85-87678-70-1.

TUCCI, CARLOS E. M. *Hidrologia*. São Paulo: Edusp, 1993.