

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM PRÉDIO
INDUSTRIAL E NUMA ESCOLA PÚBLICA – ESTUDO DE
CASO**

AUTOR: GILMAR DA SILVA

CAMPINAS, SP
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM PRÉDIO
INDUSTRIAL E NUMA ESCOLA PÚBLICA – ESTUDO DE
CASO**

Autor: Gilmar da Silva

Orientador: Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, área de concentração de Saneamento e Ambiente.

CAMPINAS, SP
2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Si38a	<p>Silva, Gilmar da</p> <p>Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso / Gilmar da Silva.--Campinas, SP: [s.n.], 2008.</p> <p>Orientador: José Euclides Stipp Paterniani. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.</p> <p>1. Água – Uso – Aspectos ambientais. 2. Água – Qualidade. 3. Água – Aspectos econômicos. 4. Água – Araras (SP). 5. Água – Limeira (SP). I. Paterniani, José Euclides Stipp. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.</p>
-------	---

Titulo em Inglês: Rainwater recovery in industry building and in a public school – case study

Palavras-chave em Inglês: Water economy, Water quality, Water consumption

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Denis Miguel Roston, Édson A. Abdul Nour, Wolney
Castilho Alves, Adriana Cavalieri Sais

Data da defesa: 04/12/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

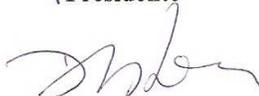
**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM PRÉDIO INDUSTRIAL
E NUMA ESCOLA PÚBLICA – ESTUDO DE CASO**

Gilmar da Silva

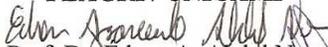
Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



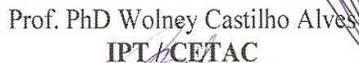
Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani
Presidente



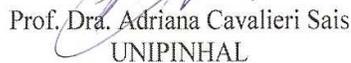
Prof. Dr. Denis Miguel Roston
FEAGRI / UNICAMP



Prof. Dr. Edson A. Abdul Nour
FEC / UNICAMP



Prof. PhD Wolney Castilho Alves
IPT / CETAC



Prof. Dra. Adriana Cavalieri Sais
UNIPINHAL

Campinas, 04 de dezembro de 2007

DEDICATÓRIA

Dedicado a

Deus

Aristides da Silva

Angela Ap. Vicentin da Silva

Milene da Silva

Marciana da Silva

Danielle Walder

Hóspedes eternos do meu coração...

AGRADECIMENTOS

Meu carinho e gratidão a Sérgio Roberto Ieda (in memorian), Etienne Henrique Jensen, José Roberto Correia de Moraes, Dr. José Antonio Mendes, Santo Roberto Pavan, Carlos Alberto Jacovetti, Dr. Gilson Coutinho Jr., Prof. Ulisses Zotin, Profa. Vânia Stein Barbosa Menechino, Prof. Keller Júnio da Silva, Prof. Rodolfo Tolentino Bisneto, Dr. José E. Stipp Paterniani, Dr. Edson A. Abdul Nour, Dr. Denis M. Roston, PhD Wolney Castilho Alves, Dr. Luciano Zanella, Rodrigo M. P. Cardozo, Dr. Caetano Brugnaro, Dra. Adriana Cavalieri Sais, Dr. Gerson A. de Medeiros, Dr. Ricardo de Lima Isaac, Enelton Fagnani e a todo o pessoal da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

Obrigado por tudo o que vocês fizeram por mim. Seus elogios, suas críticas, sugestões e contribuições me ajudaram muito não somente durante o trabalho de escrever essa Tese de Doutorado, mas na concepção de suas idéias.

A todos os amigos que compartilharam comigo os anos de trabalho e expectativas no cotidiano da vida acadêmica, sabendo cultivar uma amizade que o tempo amadureceu, os meus sinceros agradecimentos.

*“A água de boa qualidade é exatamente
como a saúde ou a liberdade:
ela só tem valor quando acaba.”*

(Guimarães Rosa - 1908 / 1967)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE EQUAÇÕES	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	4
3.1.1 Distribuição e o consumo de água doce no mundo e no Brasil	4
3.1.2 Importância da água de chuva	5
3.1.3 Normas e leis para aproveitamento de água de chuva	7
3.1.4 Código de águas	9
3.1.5 Aproveitamento de águas pluviais em edificações	10
3.1.6 Previsão de Consumo	11
3.1.7 A economia na prática	12
3.2 ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA	16
3.2.1 Uso da água de chuva e higiene	17
3.2.2 Qualidade da água pluvial armazenada	17
3.2.3 Microorganismos patogênicos encontrados em sistemas de aproveitamento de águas pluviais	19
3.2.4 Outros microrganismos relevantes	20
3.2.5 Materiais particulados presentes no ar e nas superfícies de captação de água pluvial	21

3.2.6 Relação existente entre o armazenamento de água de chuva e as substâncias tóxicas usadas na agricultura	22
3.2.7 A importância da matéria orgânica e do pH na descrição da qualidade da água tendo em vista a desinfecção	23
3.2.8 Tratamento da água de chuva	24
3.3 ASPECTOS QUANTITATIVOS DA ÁGUA	26
3.3.1 Dimensionamento e Quantitativo de Custos	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 MATERIAL	29
4.1.1 Área experimental localizada no município de Araras/SP	29
4.1.2 Telhado	30
4.1.3 Calhas	31
4.1.4 Cisterna	31
4.1.5 Filtro da cisterna	32
4.1.6 Área experimental de Limeira	34
4.2 MÉTODOS	38
4.2.1 Metodologia para análise qualitativa da água de chuva na Fábrica Grafimec de Araras-SP	38
4.2.2 Parâmetros Qualitativos da Fábrica Grafimec de Araras/SP	41
4.2.3 Parâmetros Quantitativos da Fábrica juntamente com a Escola Estadual	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 Parâmetros físico-químicos da Fábrica Grafimec	45
5.1.1 Comparações entre os pontos de coleta	45
5.1.2 Resultados das análises físico-químico da Fábrica Grafimec	46
5.2 Parâmetros bacteriológicos da Fábrica Grafimec	53
5.2.1 Comparações entre os pontos de coleta	53

5.2.2 Resultados das análises bacteriológicas da Fábrica Grafimec	54
5.3 Estudo de viabilidade econômica	60
5.3.1 Resultados do estudo econômico para a Fábrica Grafimec de Araras/SP	61
5.3.2 Fluxo de Caixa do Projeto para a Fábrica Grafimec de Araras/SP	64
5.3.3 Resultados do estudo econômico para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP	65
5.3.4 Fluxo de Caixa do Projeto para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP	69
6. CONCLUSÕES	71
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
8. APÊNDICES	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fábrica Grafimec Indústria e Comércio Ltda, localizada no município de Araras/SP	30
Figura 2. Telhado da Fábrica Grafimec (Ponto de Coleta 1)	31
Figura 3. Calha da Fábrica Grafimec (Ponto de Coleta 2)	31
Figura 4. Cisterna da Fábrica Grafimec (Ponto de Coleta 3)	32
Figura 5. Filtro FG-50	33
Figura 6. Torneira para coleta da água da cisterna que foi filtrada (Ponto de Coleta 4)	34
Figura 7. Área Experimental da Escola Estadual Dom Idílio José Soares	35
Figura 8. Cisterna com detalhes do filtro	36
Figura 9. Caixa abastecida pela água de chuva	37
Figura 10. Vaso sanitário adaptado para descarga com água de chuva	37
Figura 11. Fluxograma da empresa destacando todo percurso da água de chuva	40
Figura 12. Resultado das análises para DQO	47
Figura 13. Resultado das análises para pH (Resolução nº 357)	48
Figura 14. Resultado das análises para turbidez (Resolução nº 357)	49
Figura 15. Resultado das análises para nitrato (Resolução nº 357)	50
Figura 16. Resultado das análises para nitrito (Resolução nº 357)	51
Figura 17. Resultado das análises para condutividade	51
Figura 18. Resultado das análises para salinidade	53
Figura 19. Resultado das análises para Coliformes Totais (Portaria nº 518)	55
Figura 20. Resultado das análises para Coliformes Termotolerantes (Portaria 518)	56
Figura 21. Resultado das análises para Bactérias Heterotróficas (Portaria 518)	58
Figura 22. Resultado das análises para Coliformes Termotolerantes	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção hídrica do mundo por região	04
Tabela 2. Produção hídrica de superfície da América do Sul	05
Tabela 3. Distribuição da água, da superfície e da população (% do total do país)	05
Tabela 4. Sistema de aproveitamento das águas de chuva para finalidades não potáveis	11
Tabela 5. Demanda residencial não potável	12
Tabela 6. Obras de Captação de Água de Chuva no Brasil	14
Tabela 7. Dados utilizados na análise de viabilidade econômica do sistema de uma residência	15
Tabela 8. Variação da qualidade da água da chuva devido à área de coleta	24
Tabela 9. Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme o uso	25
Tabela 10. Técnicas de tratamento da água da chuva em função da localização	25
Tabela 11. Parâmetros de qualidade adotados para água de chuva	41
Tabela 12. Comparações entre os Pontos de Coleta (Parâmetros físico-químicos)	42
Tabela 13. Comparações entre os Pontos de Coleta (Parâmetros bacteriológicos)	42
Tabela 14. Resultado das Comparações entre os Pontos de Coleta	45
Tabela 15. Parâmetros e seus Valores Máximos Permitidos (VMP)	47
Tabela 16. Parâmetro e seus Valores Máximos Permitidos (VMP)	52
Tabela 17. Resultado das Comparações entre os Pontos de Coleta	53
Tabela 18. Parâmetros e seus Valores Máximos Permitidos (VMP)	55
Tabela 19. Parâmetro e seus Valores Máximos Permitidos (VMP)	59
Tabela 20. Água de chuva – dados básicos para simulação dos valores	61
Tabela 21. Tarifas SAEMA (Categoria: Industrial), 16/12/2005	62
Tabela 22. Uso mensal em m ³ para Fábrica Grafimec de Araras/SP	62

Tabela 23. Médias históricas dez anos (jan/1996 a dez/2005), balanço de águas e tarifas para fábrica Grafimec de Araras/SP	63
Tabela 24. Fluxo de Caixa do Projeto para Fábrica Grafimec – R\$ correntes de set/2006	64
Tabela 25. Água de chuva – dados básicos	66
Tabela 26. Tarifas Águas de Limeira S/A (Categoria: Pública), 08/08/2006	66
Tabela 27. Uso mensal em m ³ para Escola de Limeira	67
Tabela 28. Médias históricas dez anos (jan/1996 a dez/2005), balanço de águas e tarifas para a escola de Limeira	68
Tabela 29. Fluxo de Caixa do Projeto para a Escola de Limeira/SP – R\$ correntes de set/2006	69

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Estimativa das demandas não potáveis	27
Equação 2. Demandas Internas	27
Equação 3. Demandas externas	28
Equação 4. Estimativa da produção de água da chuva	28

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM PRÉDIO INDUSTRIAL E NUMA ESCOLA PÚBLICA – ESTUDO DE CASO

RESUMO

Hoje é de vital importância se criar alternativas que levem ao racionamento ou economia de água potável, e uma dessas medidas é fazer uso da água de chuva disponível na natureza. Para tanto, foi necessário avaliar mediante estudo de caso a possibilidade da economia de água, aproveitando-se da água de chuva de maneira qualitativa e econômica num complexo industrial e escolar. O complexo industrial escolhido foi a Fábrica de mancais de deslizamento Grafimec, localizada no município de Araras/SP e a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP que se caracteriza pela formação educacional de jovens. Realizou-se a coleta de água de chuva na Fábrica Grafimec ao longo de um ano, em 4 pontos distintos (telhado, calha, cisterna e cisterna filtrada) para avaliar os aspectos físico-químicos e bacteriológicas dessa água. Uma vez que não existe uma Portaria ou Resolução que discorra sobre o tema aproveitamento de água de chuva, foram adotadas para efeito de comparação dos resultados qualitativos às Resoluções 274 e 357 mais à Portaria 518 do Ministério da Saúde. Paralelamente foi realizado um estudo econômico da Fábrica Grafimec juntamente com à Escola Estadual, para verificar o que um sistema de aproveitamento de água de chuva pode representar em termos de ganhos ambientais para às futuras gerações. Apesar de existirem contaminações bacteriológicas quando os resultados foram suficientemente comparados com a Portaria 518, a qualidade da água atendeu à exigência de uso da Fábrica Grafimec de Araras/SP. A utilização da cisterna nos dois estudos de caso proporcionou uma economia significativa de água da rede pública, ou seja, água essa que sairia dos nossos rios para atividades que não haveria necessidade, tais como: descarga de vasos sanitários, lavagens de piso, irrigação de jardins e plantas, dentre outras. Esse projeto de pesquisa contribuiu de maneira significativa para que novas pesquisas possam surgir no âmbito do aproveitamento da água de chuva, baseado nas práticas adotadas pela Fábrica e pela Escola.

PALAVRAS CHAVE: economia de água, qualidade de água, consumo de água.

RAINWATER RECOVERY IN NA INDUSTRY BUILDING AND IN A PUBLIC SCHOOL – CASE STUDY

ABSTRACT

Today it is essential to find out new alternatives for rationing or saving drinking water, and one of them is to make use of the rainwater available in nature. To achieve this, it was necessary to evaluate through a case study the possibility of water saving, by recovering rainwater with economy and quality in an industry and in a school. The industrial complex chosen was the sliding bearings factory called Grafimec, located in the town of Araras, SP, and the State Public School Dom Idílio José Soares in the town of Limeira, SP, where the activities aim at young people's education. The rainwater collection was done at Grafimec factory at 4 different spots (roof, spout, cistern and filter-cistern) to evaluate the physical-chemical and bacteriological aspects of this water. Since there is no Decree or Resolution on the rainwater recovery theme, for the purpose of comparing quality results, Resolutions 274 and 357, and also Decree n°. 518 of the Health Ministry were adopted. At the same time, an economics study of Grafimec Factory and of the public school was carried out to assess how much benefit can be obtained in terms of environment for future generations. Although there was bacteriological contamination, when the results were sufficiently compared with Decree n°. 518, the water quality met the use requirements established by Grafimec Factory in Araras, SP. The use of the cistern in both case studies provided a significant economy of the public water, which means that some of the water that would be taken from our rivers to activities where it was not essential, such as: toilet flushing, floor washing, gardens and plants irrigation, among others, was saved. This research project has significantly contributed towards the start of many other research studies in the field of rainwater recovery, based on the actions adopted by the factory and the school.

KEYWORDS: water economy, water quality, water consumption.

1. INTRODUÇÃO

A captação e o aproveitamento de água de chuva não é um fato novo. Pesquisadores apontam à existência de reservatórios escavados há 3600 aC.

É sabido que a água é fundamental para a saúde e constitui um dos modos mais eficazes de melhorar a saúde e o bem estar da população.

Todavia o aumento gradativo da população urbana faz com esse bem precioso venha se tornar escasso num futuro não muito distante.

Juntamente com o aumento gradativo da população, as chuvas que caem nas ruas pavimentadas correm pelas sarjetas e se constituem num problema caracterizado pelas enchentes ou inundações que acabam com milhares de vidas e prejudicam o dia-a-dia de milhares de pessoas. Boa parte é despejada em rios ou diretamente no mar, em vez de se infiltrar pelo solo e reabastecer os aquíferos. Como consequência de tal fato, o volume de água doce está se esgotando.

Segundo O ATLAS DA ÁGUA (2005), a indústria utiliza cerca de 20% de toda água doce consumida no planeta. Isso representa uma média de quase 130 m³ por pessoa anualmente, embora mais da metade seja emprestada em usinas hidrelétricas, de onde a maior parte da água volta inalterada para a sua fonte.

Outros importantes usuários industriais de água são consumidores da indústria pesada, entre os quais estão às indústrias química e petrolífera, as indústrias de metal, as de madeira, papel e celulose, as de processamento de alimentos e as de máquinas.

Numa outra instância se um local não dispõe de água doce, existem 2 soluções possíveis, sendo a primeira transformar água salgada em doce (dessalinização) e a segunda transportar água doce de lugares em que exista em abundância.

Essas 2 soluções do ponto de vista econômico tornam-se praticamente inviáveis, uma vez que a primeira exige tecnologia cara, e a segunda necessita que a água seja trazida pelo mar em navios-tanque ou barcaças.

Como alternativa e forma de suprir essa dificuldade, uma maneira inteligente é incentivar práticas ou instituir programas que levem ao aproveitamento de água de chuva de modo que seja integrado ao abastecimento de água potável. Para isso acontecer faz-se necessário respeitar as características mínimas exigidas sobre a questão da qualidade dessa água de chuva, tornando assim uma medida eficiente em termos de conservação e economia de água.

Apesar de ser um tema relativamente antigo a água de chuva faz parte atualmente da gestão urbana dos recursos hídricos de vários países da Europa, Ásia, Oceania e da América que utilizam água da chuva em residências, indústrias, comércios e irrigação de agriculturas.

Diferentemente desses países o aproveitamento de água de chuva no Brasil não é uma prática muito difundida, havendo a necessidade de maiores investimentos em pesquisas no âmbito técnico e acadêmico.

É sabido que existem inúmeros potenciais para aplicação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, tais como condomínio vertical, condomínio horizontal, residências unifamiliares, galpões, armazéns, loteamentos industriais, aeroportos e posto de gasolina, cada construção com sua particularidade.

Segundo o Group Raindrops (2002), o incentivo para aproveitar a água de chuva não existe em nosso país, devido à urbanização caracterizada principalmente pela retirada da vegetação e do solo, revestimento do terreno com concreto e asfalto e rejeição de água (ou seja, escoar a água da chuva o mais rápido possível) é considerada uma virtude nas sociedades modernas.

Ainda os mesmos autores relatam que a população procurando o conforto de vida, passou a viver em um meio totalmente inorgânico de concreto, no qual os rios se tornaram o lugar de destino da água pluvial (uma espécie de aterro sanitário para a água).

Para ser implementada essa medida deve-se haver um trabalho de conscientização ambiental (educação ambiental), junto às diversas camadas da sociedade principalmente aquelas que carecem das informações.

Hoje em nosso país não existe legislação do Ministério da Saúde, que contemplem estudos sobre utilização de águas pluviais, daí a necessidade de se realizar pesquisas que permitam servir de subsídios para que se implantem portarias ou resoluções visando sempre atender os aspectos qualitativos, permitindo assim que a sociedade saiba o potencial de aplicação que essa água possa ter para outras finalidades e contribuindo assim para a conservação e economia de água potável.

2. OBJETIVOS

Objetivo Principal:

- Avaliar a possibilidade do aproveitamento da água de chuva de maneira qualitativa e econômica em um complexo industrial, juntamente com uma escola.

Objetivos Específicos:

- Avaliar a eficiência do conjunto telhado, calha, filtro e cisterna, visando o aproveitamento da água de chuva em vasos sanitários, lavagem de pisos e irrigação de jardins na Fábrica Grafimec de Araras-SP;
- Avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica da água de chuva ao ser aproveitada nas dependências da Fábrica Grafimec;
- Estimar a economia de água potável tanto para a Fábrica Grafimec, quanto para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares, utilizando-se da água de chuva.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

3.1.1 Distribuição e o consumo de água doce no mundo e no Brasil

O planeta dispõe sempre de 1,386 bilhão de km³ de água aproximadamente. Quase toda essa água (97,5%) é salgada, espalhada por oceanos, mares, lagos salgados e aquíferos salinos (reservas subterrâneas). Dos 2,5% de água doce, mais de dois terços estão indisponíveis ao ser humano, pois ficam contidos em geleiras, neves, gelos e solos congelados de acordo com O ATLAS DA ÁGUA (2005).

Segundo o Manual de Uso da Água (2006), a água subterrânea compreende 30% do volume total de água doce do planeta. Somente 0,3% da água doce representa toda a água dos lagos e rios, existente no planeta.

A América do Sul corresponde a 23,1 % da vazão média do mundo, sendo superada pela Ásia com 31,6% conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Produção hídrica do mundo por região.

Regiões do Mundo	Vazão média (m ³ /s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100,0%

Fonte: TOMAZ (2003)

Na América do Sul, o Brasil apresenta vazão média de 177.900 m³/s (53%) enquanto toda América do Sul apresenta vazão média de 334.000 m³/s. Em relação ao mundo, o Brasil tem 12% da produção hídrica de superfície.

A produção hídrica de superfície da América do Sul, em m³/s e em porcentagem encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Produção hídrica de superfície da América do Sul.

América do Sul	Vazão média (m ³ /s)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100%

Fonte: TOMAZ (2003)

A disponibilidade hídrica do Brasil, por regiões em porcentagem encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Distribuição da água, da superfície e da população (% do total do país) .

Regiões do Brasil	Área (%)	População (%)	Água (%)
Norte	45,3	6,98	68
Nordeste	18,3	28,91	3,3
Sudeste	10,8	42,65	6,0
Sul	6,8	15,5	6,5
Centro-Oeste	18,8	6,41	15,7
Total	100 %	100 %	100 %

Fonte: Manual de Uso da Água (2006)

Na Tabela 3 verifica-se que a região norte tem 68,5 % da água de todo Brasil, embora sua população seja pequena. Em contrapartida a região Sudeste possui maior população e problema de disponibilidade hídrica é acentuado em virtude da atividade industrial, utilização dos insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

3.1.2 Importância da água de chuva

Novos conceitos para o gerenciamento de água de chuva, seja em áreas urbanas ou rurais, estão surgindo praticamente em todas as partes do mundo. A escassez, a perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição, associadas os serviços de abastecimento públicos ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação da água. Entre estas práticas está o aproveitamento da água de chuva de acordo com o PROSAB (2006).

TOMAZ (2003) afirma que pode estimar-se uma economia de 30% de água pública quando se utiliza água de chuva.

Segundo estimativas feitas em 1999 pelo International Environmental Technology Center (IETC) das Nações Unidas, concluíram que no ano 2010, a população da Alemanha e dos Estados Unidos aceitarão 45% e 42% de água de chuva e 20% e 21% respectivamente de grey water (água cinza).

Uma série de exemplos que vêm sendo seguidos, no que tange a questão de água de chuva em algumas cidades pelo mundo são relatados abaixo por TOMAZ(2003):

No Texas a cidade de Austin, que tem média pluviométrica anual de 810mm, fornece US\$500 de bônus a quem instalar um sistema de captação de água de chuva. O valor de US\$500 corresponde a US\$40/m³ da capacidade de armazenamento do reservatório. Ainda no Texas a cidade de San Antonio fornece US\$200 para quem economizar 1230m³ de água da rede pública usando água de chuva, durante o período de 10 anos;

No Texas, as casas com área de 185m² a 277m² são comuns e se usam reservatórios de fibra de vidro. O custo do reservatório de fibra de vidro é de US\$260m³ de água reservada no reservatório. Incluindo os filtros, o custo total do reservatório variará de US\$260/m³ a US\$330/m³;

A cidade de Sumida, que fica na área metropolitana de Tóquio, no Japão, tem precipitação média anual de 1400mm e mesmo assim é aproveitada a água de chuva devido à segurança no abastecimento de água em caso de emergência;

Em Bangalore, na Índia, com precipitação média anual de 970mm, uma captação com área de 100m² pode-se obter de água de chuva 78,6m³ / ano usando coeficiente de runoff C=0,8;

Na Austrália, foi traçado o objetivo na Gold Coast para que as residências economizem 25% da água do serviço público usando água de chuva. O custo estimado para aproveitamento de água de chuva e da grey water é de US\$6000 com despesas anuais de US\$215;

No Japão, na cidade de Kitakyushu, em 1995, foi construído um edifício com 14 pavimentos prevendo-se a utilização de água de chuva e, para isso, havendo um reservatório enterrado com 1 milhão de litros. Neste prédio, as águas servidas, isto é, as águas de pias, torneiras, máquina de lavar roupa, com exceção das águas da bacia sanitária e da pia da cozinha, são também reaproveitadas e juntadas à água de chuva. Todas as bacias sanitárias possuem

alimentação com água não potável de chuva e servida. Estão em construção mais de 30 prédios com as características citadas;

Gibraltar tem 10% de seu consumo relativo a águas de chuvas, que são captadas nas encostas impermeabilizadas das montanhas;

Em muitos países, o armazenamento da água da chuva inicialmente objetivou a sua retenção na parcela, para controle de cheias e inundações, ou para mitigar a falta de um abastecimento regular de água; e posteriormente seu uso foi sendo estendido para os mais diversos fins. Este é o caso do Japão onde em muitas cidades se pratica o aproveitamento da água de chuva em larga escala. Exemplos como os estádios e os gigantescos domos de ginásios com áreas de captação da ordem de milhares de m², utilizam esta água para descarga de sanitários e no sistema de ar condicionado segundo ZAIZEN *et al.* (1999). Estudos do PROSAB (2006), apontam que nesta mesma direção são os sistemas utilizados em Berlim, na Alemanha, onde o aproveitamento da água da chuva captada em praças e grandes edifícios são destinados a recompor a paisagem urbana, alimenta lagos artificiais resultando em melhoria do micro clima local, além de ser usada nos edifícios para descarga de sanitários.

Segundo a ENCICLOPÉDIA ENCARTA (2001), no Brasil, a pluviosidade varia de região para região, indo de 4457 mm/ano, registrado na Serra do Mar, norte de Santos (SP), passando por 3000 mm/ano na região Norte (clima equatorial), até uma média de 750 mm/ano no semi-árido, mas que pode chegar ao mínimo de 300 mm/ano.

Entretanto, esse é um potencial de água pouco aproveitado. Não se tem uma política nacional de captação de água de chuva, embora esta seja uma política de muitos outros países em nível mundial, principalmente daqueles que têm poucas águas de superfície e subterrâneas à sua disposição, relata o TEXTO BASE DA CAMPANHA DA FRATERNIDADE (2004).

A ONU afirma que faltará água potável para 40% da humanidade em 2050. Especialistas antecipam esse prazo para 2025.

3.1.3 Normas e leis para aproveitamento de água de chuva

Uma vez que não existe ainda uma legislação específica para o aproveitamento da água da chuva de maneira a estabelecer os padrões de qualidade que esta água deva atender em função dos diferentes usos, torna-se necessário adotar, mesmo em caráter temporário, a legislação disponível atualmente.

Legislação Estadual

O Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27/09/78) diz o seguinte:

Artigo 12 – Não será permitida:

III – a interconexão de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que contenham água proveniente de outras fontes de abastecimento.

Artigo 19 – É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos.

O artigo 12, item III, ressalta que o sistema não-potável resultante das águas pluviais não deve ser misturado ao sistema de água potável, o que é óbvio.

O artigo 19 diz, somente, que não se podem introduzir águas pluviais na rede 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.

Legislação Municipal

A Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003 cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.

O Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004 torna obrigatório na Cidade do Rio de Janeiro, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

A Lei nº 7.606, de 23 de dezembro de 1997 dispõe sobre a taxa de drenagem de águas pluviais no Município de Santo André.

Lei 5617 de 9 de novembro de 2000, processo 21718/1997, publicado no Diário Oficial do Município de Guarulhos na terça-feira, 14 de novembro de 2000, Ano I, nº 25, aborda os Reservatórios de Detenção (Piscinão).

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

A Lei nº 2896, de 29 de março de 2004, cria no município de Foz do Iguaçu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

A Lei nº 4.393, de 16 de setembro de 2004, dispõe na cidade do Rio de Janeiro, sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.

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

Lei nº 13.276, 04 de janeiro de 2002, torna obrigatória no Município de São Paulo a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².

Cabe ressaltar que o uso de águas pluviais evita que seja desperdiçada uma água pura e tratada na limpeza de jardins, gramados, descargas e outras aplicações industriais, que não necessitam de água potável.

Legislação Federal

A legislação federal brasileira estabelece padrões de qualidade para a água tratada e destinada ao consumo humano, através da Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde (MS). Dois outros instrumentos legais podem servir de base para esta avaliação. A Resolução do CONAMA de nº 357/05 que estabelece os padrões de qualidade para corpos d'água e a de nº 274/00, a qual define os padrões de balneabilidade. Além destes instrumentos legais, pode-se ainda tomar como referência outro dispositivo normativo como a NBR 13.969/97 da ABNT. Essas legislações encontram-se disponíveis em Apêndice 1.

Legislação Internacional

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

3.1.4 Código de águas

O código de águas está no decreto 24.643 / 1934 e no que se refere às águas pluviais diz:

“Artigo 102 – Consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.”

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

Parágrafo único: ao dono do prédio, porém não é permitido:

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

II – desviar essas águas do seu curso natural para lhes dar outro sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

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

Artigo 106 – É imprescritível direito de uso das águas.

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

Artigo 108 – A todos é lícito apanhar estas águas.

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

De acordo com SILVA e PRUSKI (2000) a lei 9433 / 97 não foi modificada. Portanto ainda prevalecem as regras de 1934, estimulando assim os proprietários privados a captar as águas das chuvas para suas necessidades básicas.

3.1.5 Aproveitamento de águas pluviais em edificações

De acordo com o manual da ANA/FIESP & SindusCon-SP (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- Projeto do reservatório de descarte;
- Escolha do sistema de tratamento necessário;
- Projeto da cisterna;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

SICHERMANN (2002) mostra como planejar e instalar um sistema de aproveitamento das águas de chuva para finalidades não potáveis. Ele ressalta que cada caso é único, mas podem-se definir algumas regras gerais, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Sistema de aproveitamento das águas de chuva para finalidades não potáveis.

Tipo de Edificação	Custo de Implantação	Economia de Água
<i>Condomínio vertical</i>	Baixo	Menor
Dicas: A área de contribuição (cobertura) é relativamente pequena em relação ao nº de habitantes, não haverá água de chuva suficiente, por exemplo, para alimentar descargas. Por outro lado, a instalação é simples, mesmo em prédios já construídos, dispensando em alguns casos o uso da bomba. A cisterna pode ser substituída por várias caixas d'água no playground ou na garagem.		
<i>Condomínios horizontais e residências unifamiliares</i>	Será menor se o sistema for planejado antes da construção	A economia é grande, mas depende do tamanho do tanque ou cisterna
Dicas: A área de contribuição (telhado, laje) é relativamente grande em relação ao nº de habitantes, o que permite aproveitar maior porcentagem da chuva disponível. A relação custo-benefício é que vai determinar qual volume d'água se quer estocar. A instalação também é simples, mas em casas já construídas convém uso externo da água, para evitar obras de execução de instalações adicionais – caixa d'água, tubulações.		
<i>Galpões e armazéns</i>	O retorno é bastante aceitável	Depende da intensidade do uso da água.
Dicas: Galpões, supermercados shopping centers e similares, por conta da área de cobertura (laje, estacionamento), têm um impacto maior sobre o sistema de drenagem e pagam um preço bastante alto pela água fornecida o que facilita o pay back do sistema. Além disso, muitas obras desse tipo já são obrigadas a prever caixas de retenção, assim o custo adicional torna-se menor. Supermercados com postos de gasolina podem aproveitar a água de chuva em um lava - rápido.		
<i>Loteamentos industriais e residenciais e aeroportos</i>	Relativamente baixo	Boa
Dicas: A área do projeto muitas vezes requer a preparação de obras de drenagem e/ou retenção das águas pluviais, e parte desse custo pode ser reduzido ao prever um sistema de retenção e utilização de água de chuva.		

Fonte: SICKERMANN (2002)

3.1.6 Previsão de Consumo

De acordo com o PROSAB (2006), um fator importante no dimensionamento de um sistema de aproveitamento da água da chuva é a demanda que se pretende atender. A relação direta entre o volume do reservatório e a demanda a ser atendida, implica na necessidade de se estimar o consumo de forma mais precisa. Existem atualmente diversos estudos que apontam para valores de consumo de água numa residência, podendo ser atendidos com água de chuva. A Tabela 5 aponta para as demandas não potáveis em uma residência..

Tabela 5. Demanda residencial não potável.

Demanda Interna	Faixa	Unidade
Vaso Sanitário - Volume	6 - 15	L/descarga
Vaso Sanitário - Frequência	4 - 6	Descarga / hab/ dia
Máquina de Lavar Roupa - Volume	100 - 200	L / ciclo
Máquina de Lavar Roupa - Frequência	0,2 – 0,3	Carga/hab/dia
Demanda externa	Faixa	Unidade
Rega de Jardim - Volume	2	L/dia/m ²
Rega de Jardim - Frequência	8 - 12	Lavagem/mês
Lavagem de Carro - Volume	80 - 150	L/lavagem/carro
Lavagem de Carro - Frequência	1 - 4	Lavagem/mês

Fonte: TOMAZ (2000) adaptado.

Existem evidências que o uso de água para fins não potáveis em estabelecimentos comerciais como escolas, prédios públicos e mesmo em indústrias, onde pode ser utilizada no processo produtivo, pode responder por mais de 50% do consumo. Faz se necessário uma inspeção cuidadosa no local para uma avaliação precisa.

Segundo TOMAZ (2005), o custo da água armazenada, de aproveitamento de água de chuva, incluindo as canalizações, instalação elétrica, bomba centrífuga flutuante, dispositivo automático de limpeza com filtros, reservatório em polipropileno ou chapa de aço inox e demais acessórios, é de cerca de US\$ 200 por metro cúbico. Ainda segundo o autor com a economia de água, o investimento se paga em um ano.

3.1.7 A economia na prática

Uma série contendo 3 estudos de caso que foram implantados, visando obter economia de água são relatados abaixo por AQUASTOCK (2004):

- **Caso 1 – Instalação externa para residência de 90m²**

Neste caso os proprietários desta casa desejavam implantar um sistema que reduzisse o consumo de água da rede pública com lavagem de pisos externos, carros e irrigação dos jardins. Desejavam ainda que não houvesse grandes interferências com a construção existente.

O sistema adotado previa a captação da água vinda do telhado diretamente na tubulação de descida, onde foi instalado um filtro, pelo qual a água passa antes de chegar à cisterna. Da cisterna, a água é alimentada através de uma bomba pressurizadora para uma torneira externa. Não houve necessidade de quebra de paredes ou mudanças na tubulação existente para implantar os equipamentos.

Com o sistema implantado houve uma economia de 81% da água potável utilizada para lavagem de pisos externos, irrigação de jardim, carro e canil, substituída por água de chuva.

- **Caso 2 – Residência em São Paulo**

Nesta casa, optou-se por um sistema mais complexo, capaz de abastecer não somente pontos de água externos, mas também vasos sanitários e máquina de lavar roupas. O sistema proposto incluía a captação da água precipitada no telhado, filtragem e armazenamento em cisterna subterrânea com capacidade de 10.000 litros, e bombeamento da água para um reservatório superior de 3.000 litros, de onde é alimentada para os diversos pontos de consumo por gravidade. O sistema foi interligado com a rede pública para garantir o abastecimento nos períodos de seca.

É de fundamental importância relatar que não se pode interligar o sistema de aproveitamento de água de chuva com a rede pública, pois não é permitido por lei.

Com uma população fixa de 4 pessoas, podendo chegar a 10 nos finais de semana, o consumo nos pontos previstos pode-se chegar a 403,20 m³ anuais. Com o sistema proposto, a economia de água da rede pública pode-se chegar a 50% do consumo total previsto.

- **Caso 3 – Edifício residencial com dois blocos em terreno de 1.600m²**

Os condôminos deste edifício estavam insatisfeitos com o consumo excessivo de água, em grande parte decorrente da lavagem de pisos no térreo e nas 2 garagens no subsolo, e com a irrigação dos jardins. Os cálculos de consumo com os pisos e canteiros, segundo estimativa da AQUASTOCK (2004), chegavam a 31,96 m³ por mês, ou 383,52 m³ anuais.

O sistema proposto previa a captação da água precipitada no piso térreo, utilizando os ralos e a tubulação de águas pluviais já existentes. Após passar pela filtragem, a água era armazenada em uma cisterna com 36.000 litros, localizada no porão, de onde era

bombeada para torneiras localizadas nos 2 níveis de garagem e no térreo. As intervenções sobre a estrutura existente são mínimas, e a economia gerada deverá chegar a 79% do consumo anual previsto, fazendo com que o retorno sobre o investimento seja atingido em cerca de 4,5 anos.

SICKERMANN (2000), destaca que aproveitar a água de chuva não é uma prática nova. Um exemplo positivo é a lavanderia industrial “Lavanderia da Paz” em São Paulo, que há 30 anos capta, processa e então utiliza a água de chuva nos seus processos de lavagem.

Uma série de exemplos contendo obras de captação de água de chuva no Brasil são relatados abaixo por SAVE (2006) na Tabela 6:

Tabela 6. Obras de Captação de Água de Chuva no Brasil.

Obra	Área Construída (m²)	Área de Cobertura (m²)	Área de Captação (m²)	Volume da Cisterna (L)	*Economia de Água Potável (L)
Angeloni Joinville	25.160	10.500	5.120	167.330	659.000
Igreja Universal em Sto. André -SP	12.178	3.600	3.600	50.000	345.000
Supermercado Big em Santa Catarina	19.800	4.859	4.859	162.000	583.000
Igreja Universal em São J. do Rio Preto - SP	19.469	3.500	2.850	150.000	
Hotel Íbis em Santa Catarina	5.375,08	569,5	569,5	16.000	684.000
Primavera Tennis em Florianópolis	3.600	3.200	3.200	60.000	358.000
Polland Química – RJ	9.000	3.000	3.000	140.000	285.000
Solaris em Cabriúva - SP	1.085	680	680	50.000	650.000
Ginásio de Esportes em	2.914,37	1.780	1.100	45.000	149.000

Joinville					
Auto Posto Nasato em Esteio - RS	15.080	7.300	2.800	77.000	267.000
Big em Ijuí - RS	5.120	2.470	1.300	30.000	124.000
Cidade do Samba – RJ	60.000	42.000	21.000		
Auto Posto Nasato em Timbó - SC	2.150	1.700	800	60.000	890.000

*Economia anual baseada em índices pluviométricos históricos.

Segundo o PROSAB (2006), em sistemas que disponham de grandes áreas de captação, o período de retorno do investimento seguramente será menor.

Como por exemplo, em Ribeirão Preto (SP), onde HERNANDES et al (2004) implantaram um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência com área de captação de 350 m². O reservatório foi dimensionado pelo Método de Rippl, resultando em um volume de reservação de 11,25 m³, destinado a suprir demandas de descarga de vasos sanitários, rega de jardim e lavagem de carros e pisos. Construiu-se um reservatório enterrado em concreto armado, e o sistema teve um custo total de implantação de R\$4.518,86. O período de retorno calculado para esse sistema foi de 6 anos e 9 meses, levando-se em conta a economia com a água potável e embutindo-se o valor da tarifa de esgoto, que é cobrada em função do volume de água consumido. Os autores descrevem ainda que se o sistema fosse implantado na cidade de São Paulo, onde as tarifas são mais elevadas, o período de retorno do investimento passaria para 5 anos e 9 meses.

A Tabela 7 sintetiza os dados utilizados nas duas análises econômicas, bem como mostra os resultados obtidos pelas mesmas.

Tabela 7. Dados utilizados na análise de viabilidade econômica do sistema de uma residência.

Itens	Reservatório de 5 m ³	Reservatório de 2,5 m ³
Custo do material	R\$1.500,00	R\$1.000,00
Mão de Obra	R\$600,00	R\$400,00
Economia de água gerada pelo sistema	R\$338,94/ano	R\$182,70/ano
Custo de Manutenção	R\$100,00/ano	R\$100,00/ano

Taxa de juros	10%aa.	10%aa.
Vida útil do projeto	20 anos	20 anos
Período de retorno calculado	8 anos e 9 meses	12 anos e 4 meses

Fonte: PROSAB (2006).

Ainda de acordo com o PROSAB (2006), confirma-se a necessidade de realizar um dimensionamento de volume de reservatório adequado, pois nem sempre um volume muito pequeno de reservação garante a viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Além disso, a literatura mostra que o período de retorno médio desses sistemas é de, aproximadamente, 10 anos destacam CHILTON et al. (1999). Embora esse período possa parecer longo e inviável economicamente, a decisão de construir um sistema desses, em residências com pequena área de captação, não será tomada com o objetivo maior de economizar dinheiro e sim com o objetivo de garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e auxiliando no controle de enchentes relata o PROSAB (2006).

3.2 ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA

Para que se possa fazer o aproveitamento da água de chuva, é necessário estabelecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender, sendo que estes devem estar de acordo com os usos que se pretende fazer da mesma.

Uma vez que se tem carência de legislação específica para o aproveitamento de água de chuva no que se refere aos aspectos qualitativos dessa água, torna-se necessário adotar a legislação disponível atualmente.

A Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências (Apêndice 1).

Já a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências (Apêndice 1).

Além destes instrumentos legais, pode-se ainda tomar como referência outro dispositivo normativo como a NBR 13.969/97 da ABNT (Apêndice 1).

3.2.1 Uso da água de chuva e higiene

De acordo com o PROSAB (2006), parte da contaminação da água de chuva se dá após a passagem pela superfície de captação.

REBELLO (2004) aponta que entre os diversos materiais e substâncias presentes nestas superfícies, podem-se citar: fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, revestimento do telhado, fibras de amianto, resíduos de tintas, entre outros que ocasionam tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos.

O PROSAB (2006) relata que a presença de sólidos em suspensão ou dissolvidos na água de chuva, em sua maioria, está associada à presença de poluentes atmosféricos, poeiras e fuligens que entram em contato com a água através da superfície de captação.

Segundo o mesmo autor, estudo realizado na cidade de Vitória – ES demonstrou que os valores médios encontrados nas amostras da chuva coletada do telhado são maiores do que nas amostras da chuva da atmosfera, mostrando com isso que a água da chuva piora sua qualidade ao passar pela superfície de captação, neste caso o telhado.

Ainda com relação à pesquisa realizada em Vitória, no que diz respeito às análises microbiológicas, o valor médio obtido nas análises de *E. coli* para a chuva coletada do telhado foi da ordem de 10^3 NMP/100 ml e para coliformes totais o valor máximo obtido nas análises da água da chuva do telhado foi de $1,46 \times 10^2$ NMP/100 ml.

3.2.2 Qualidade da água pluvial armazenada

SIMMONS & HEYWORTH (1999) propõem à implementação da avaliação de risco microbiano (microbial risk assessment – MRA) nos tanques de armazenamento dos sistemas de captação de águas pluviais através da identificação de perigo, avaliação de exposição de dose-resposta e da caracterização de risco. Os autores descrevem esses itens como:

- Identificação de perigo: corresponde à identificação das fontes de contaminação, dos organismos existentes na cisterna e da possibilidade desses organismos causarem resultados adversos à saúde;
- Avaliação de exposição: na avaliação de exposição são considerados o grau de contaminação microbiológica no interior da cisterna e o modo como a água é

utilizada (nível de exposição). Segundo o autor, o grau de contaminação do tanque é influenciado por parâmetros como o pH, temperatura, competição entre a microbiota e processos de desinfecção utilizados pelo usuário. Já a forma de consumo da água de chuva varia de acordo com a idade e o tipo de atividade do usuário. Tanto a ingestão quanto a inalação da água de chuva podem se constituir em rotas efetivas de contaminação;

- Avaliação de dose-resposta: descreve a relação entre a dose do patógeno e magnitude do efeito adverso à saúde. Há três fatores importantes determinando a resposta. A quantidade do agente patogênico ou toxina bacteriana que foi consumida, a patogenicidade do agente infeccioso e a vulnerabilidade do indivíduo infectado;
- Caracterização de risco: sintetizam os três primeiros itens anteriores. A estimativa do risco significa a probabilidade e a magnitude do resultado adverso na saúde. Isto é acompanhado por um reconhecimento e descrição da incerteza desta estimativa e variabilidade nos dados nos quais é baseado.

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

Segundo REBELLO (2004), fatores locais como o grau de poluição atmosférica e o tipo de material de construção utilizado e manutenção no sistema de aproveitamento de água de chuva também podem influenciar na sua qualidade.

ARIYANANDA (1999) apresenta em seu estudo a avaliação da qualidade da água pluvial captada em diferentes sistemas de aproveitamento de águas de chuva no Sri Lanka. O autor considerou dois tipos de sistemas de aproveitamento de água de chuva:

- Sistema com armazenamento em cisterna retangular aberta, às vezes coberta com uma malha, construída em alvenaria (tanque de Ahaspokuna);
- Sistema com armazenamento em cisterna com tampa construída em alvenaria, abaixo ou sobre o solo, que coleta a água de chuva após escoamento sobre o telhado (superfície de captação).

O autor utilizou como parâmetros de qualidade da água os índices de pH, cor, turbidez, condutividade, coliforme fecal. No tanque de Ahaspokuna, os índices de cor, coliformes totais e coliformes fecais foram identificados em quantidades superiores ao padrão local exigido de qualidade da água para se beber. No segundo tipo somente os índices de coliformes totais não obedeceram ao mesmo padrão. No entanto, os coliformes fecais não foram identificados. O autor sugeriu que, neste caso, a contaminação foi remota e que as condições ambientais no interior da cisterna não favoreceram ao desenvolvimento destes microrganismos.

SIMMONS & HEYWORTH (1999), ARIYANANDA (1999) e GOULD (1999), apresentam, em seus respectivos trabalhos, a possibilidade de aproveitamento da água de chuva para fins potáveis, após tratamento simples. Deve-se entender que os autores consideram em seus estudos, comunidades de países que sofrem com problemas de escassez real (abaixo de 1000 m³/hab/ano), revelando também os aspectos sócio-econômicos e culturais da população destas regiões, onde o enfoque está na pouca disponibilidade natural de água.

3.2.3 Microrganismos patogênicos encontrados em sistemas de aproveitamento de águas pluviais

Vários autores já identificaram a presença de agentes patogênicos em cisternas de aproveitamento de águas pluviais: *Clostridium perfringens* e *Salmonella sp* FUJIOKA et al. (1991), *Cryptosporidium sp* e *Giardia sp* CRABTREE et al. (1996), *Legionella sp* BROADHEAD et al. (1998), *Aeromonas sp* SIMMONS et al. (1997) apud SIMMONS & HEYWORTH (1999), vírus causadores de hepatite LUKSAMIJARULKUL et al. (1994), *Pseudomonas sp* WALLER et al. (1984), *Shigella sp* CANOY & KNUDSEN (1983) apud SIMMONS & HEYWORTH (1999), e *Vibrio parahaemolyticus* WIROJANAGUD et al. (1989).

Segundo HATHEWAY (1990), as bactérias do gênero *Clostridium* são produtoras de diferentes toxinas e podem provocar infecção invasiva no homem se penetrarem em tecido lesado na pele e mucosas. Cerca de 30 espécies do gênero podem produzir este efeito, mas o mais comum é o *Clostridium perfringens*. A enterotoxina dessa espécie constitui uma causa comum de intoxicação alimentar.

DANIEL et al. (2001), relata que as bactérias *Clostridium perfringens*, por terem a capacidade de formar esporos e, portanto, com maior resistência às adversidades do meio, podem ser usadas como indicadoras de protozoários.

As bactérias do gênero *Enterobacteriaceae* constituem um grande grupo heterogêneo de bacilos Gram-negativos cujo habitat natural é o trato intestinal de seres humanos e animais. A família inclui muitos gêneros, entre elas a *Salmonella sp* e *Shigella sp*, que são normalmente patogênicas para os seres humanos ou para animais quando adquiridas por via oral. Essas bactérias são transmitidas de animais e produtos animais para os seres humanos, onde provocam enterite, infecção sistêmica e febre entérica segundo EWING (1986) apud JAWETZ (1998).

Segundo REBELLO (2004), como a *Pseudomonas aeruginosa* cresce em ambientes úmidos, deve-se dar atenção especial para pias, banheiras, chuveiros, bem como outras áreas úmidas.

Os cistos de *Giárdia* e oocistos de *Cryptosporidium* podem ser disseminados através do ar, veiculados por artrópodes (como insetos e moscas) ou espalhados através de fezes de animais contaminados, portanto, com grande potencial de contaminação das águas de chuva nas cisternas e transmissão de doenças aos usuários. Os cistos de *Giárdia lamblia* e oocistos de *Cryptosporidium* são bastante resistentes aos processos de desinfecção simples de água (uso apenas de cloro) nas concentrações normalmente empregadas segundo DANIEL et al. (2001).

3.2.4 Outros microrganismos relevantes

Os cistos de *Entamoeba histolytica* e de outras amebas (de vida livre) também podem ser considerados como contaminantes potenciais das águas de chuva. Isto porque possuem vias de contaminação semelhantes aos dos protozoários já citados, e porque estão relacionados a fatores de interação com a microbiota, destacando-se várias cepas de *Escherichia coli*, *Salmonella sp*, *Shigella sp* e *Clostridium sp* estudados por SILVA & GOMES (2000).

ARIYANANDA (1999), descreve sobre presença de coliformes e de cor (devido à deterioração de folhas, galhos e outros materiais orgânicos contidos na água de chuva armazenada em cisternas).

De acordo com a interpretação da Resolução CONAMA nº 274, a presença de 1000 coliformes fecais por 100 mililitros ou mais, compromete o uso da água para o banho porque o

índice indica a potencialidade da existência de microrganismos patogênicos. Já a presença de 800 *Escherichia coli* por 100 mililitros informa diretamente que a água está comprometida pela presença de microrganismos patogênicos, o *E. coli* propriamente dito.

Segundo REBELLO (2004), os fungos e actinomicetos desenvolvem-se no solo, nos animais, nos vegetais e em material orgânico em decomposição (folhas, galhos e fezes de animais, por exemplo). Portanto, trata-se de organismos que podem facilmente ser encontrados nas superfícies de captação da água de chuva. As fezes de aves fornecem ótimas condições para o desenvolvimento desses organismos. Há fungos que nunca produzem infecções, porém, há os que podem provocar doenças e outros ainda que podem evoluir para o parasitismo completo, sendo transmissíveis.

Ainda por REBELLO (2004), em contato com o homem, os fungos podem gerar micoses superficiais, cutâneas, subcutâneas (quando introduzidos nos tecidos subcutâneos, através de ferimentos) e sistêmicas (quando há infecção contraída por inalação de esporos, por exemplo). Portanto deve-se verificar a resistência desses organismos às condições ambientais existentes na água armazenada no interior das cisternas.

3.2.5 Materiais particulados presentes no ar e nas superfícies de captação de água pluvial

GOULD (1999), faz citações de contaminantes químicos potencialmente prejudiciais contidos nas águas pluviais. São apresentados os metais pesados e os organoclorados e organofosforados usados em biocidas. GOULD (1999) considera também que grande parte da contaminação da água pluvial ocorre quando a mesma entra em contato com a superfície da cobertura por onde a água escoar (telhado ou solo).

De acordo com a CETESB (2001), o lançamento de poluentes (gases e material particulado) na atmosfera não só altera a sua composição gasosa, mas também a composição química da água de chuva. A ocorrência da precipitação pluvial favorece a dispersão e permite a remoção dos poluentes, pois uma parcela significativa destes acaba sendo incorporada à água de chuva.

REBELLO (2004), relata que após o escoamento sobre a superfície da qual será captada a água (telhado ou pátio), a contaminação pode tornar-se maior. As condições dessas superfícies são as mais diversas. Entre os diversos materiais e substâncias nelas presentes pode-se citar: fezes

de aves, roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, poeira, folhas e galhos de árvores, revestimento dos telhados, fibras de amianto, tintas, produtos das superfícies de concreto com cimento Portland, entre outros, ocasionando tanto a contaminação por compostos químicos quanto por agentes patogênicos.

ALVES (1996) faz citações sobre a relação comprovada entre o câncer pulmonar e em outros órgãos com a aspiração das fibras de amianto. O autor apresenta também estudos realizados com cobaias no Canadá, em 1973, mostrando que a ingestão de fibras de amianto provoca disseminação dessas fibras por todo o organismo, podendo se constituir igualmente em causa de doenças.

Considera-se material particulado uma grande variedade de sólidos que podem ser dispersos no ar. São exemplos a fuligem e os gases oriundos da queima de combustíveis fósseis e dos processos industriais, além de partículas de solo em suspensão, poeira de ruas, partículas oriundas do desgaste de pneus e por fontes naturais como o pólen das flores. Supõe-se que alguns metais pesados possam estar entre os materiais particulados, contaminando a água de chuva, seja na atmosfera ou após o contato com a superfície de captação. São encontrados na água sob a forma de sólidos dissolvidos ou em suspensão, e estão associados a problemas de bioacumulação e toxicidade, portanto são de grande importância para estudos na área de saúde pública conforme relata REBELLO (2004).

3.2.6 Relação existente entre o armazenamento de água de chuva e as substâncias tóxicas usadas na agricultura

Os organoclorados e organofosforados são compostos químicos constituintes de defensivos agrícolas (agro-químicos), persistentes à biodegradação no ambiente e associado a problemas de toxicidade. A contaminação destes compostos no ambiente pode ser feita através da dispersão aérea indiscriminada de inseticidas, praguicidas, herbicidas, entre outros, ou carreados através do escoamento superficial, atingindo rios, mananciais e águas subterrâneas.

Embora limitada à contaminação atmosférica em locais urbanos e industriais, no nordeste dos Estados Unidos estudos revelaram a presença de praguicidas e herbicidas nas águas pluviais segundo RICHARDAS et al. (1987) apud GOULD (1999).

De acordo com GOULD (1999), apesar das numerosas fontes de poluição atmosférica na maior parte do mundo, especialmente em áreas rurais e locais de ilha, os níveis de contaminação da água de chuva por organoclorados e organofosforados são baixos. A maior parte da contaminação acontece após o contato da água de chuva com a superfície de captação (solo ou telhado), e durante o seu transporte e armazenamento nos sistemas de aproveitamento.

Cabe ressaltar que mesmo o nível de contaminação por agroquímicos sendo baixo, deve-se ter uma atenção redobrada onde existam cisternas em diferentes regiões do país, principalmente próximo de culturas agrícolas que sofrem pulverizações aéreas e terrestres.

3.2.7 A importância da matéria orgânica e do pH na descrição da qualidade da água tendo em vista a desinfecção

A presença de matéria orgânica é determinada através de métodos indiretos de quantificação. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é um parâmetro comumente utilizado que retrata a quantidade de matéria orgânica existente na água através da medição do consumo de oxigênio. Usualmente a DBO é medida com amostras encubadas por 5 dias e mantidas à temperatura de 20°C conforme normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Outro parâmetro químico de grande importância na verificação da qualidade da água é a análise do potencial hidrogeniônico (pH) devido à sua influência na taxa de desenvolvimento de microrganismos, além de poder conferir à água características de corrosividade (pH baixo) ou potencial de formação de incrustações (pH alto) nas tubulações das instalações de abastecimento.

A importância do pH da água diz respeito também na eficácia da desinfecção. A adição do hipoclorito de sódio como desinfetante em água com pH relativamente baixo é mais eficaz devido a maior geração de cloro ativo (ácido hipocloroso), do que se utilizado em água com pH neutro ou relativamente alto segundo AZEVEDO NETO & BOTELHO (1991).

De acordo com REIS DE JESUS (1996), em condições naturais normais, o pH da água de chuva é levemente ácido (com pH em torno de 5,6) devido à dissolução do dióxido de carbônico nas nuvens e durante a precipitação, formando o ácido carbônico.

Nas águas pluviais próximas a centros urbanos industrializados, espera-se um índice de pH ácido acima dos índices normais, devido aos compostos químicos nela dissolvidos originados da poluição da atmosfera (como o dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre).

Esse fenômeno foi constatado na cidade de São Paulo conforme mostra SOBRAL (1996), onde os resultados das análises de amostras coletadas na cidade entre 1984 e 1990, tinham valores mais freqüentes de pH entre 4,2 e 4,5.

3.2.8 Tratamento da água de chuva

Estudos do PROSAB (2006) demonstram que após o descarte da primeira chuva algumas substâncias ainda permanecem na água de chuva onde, em alguns casos, faz-se necessário a utilização de dispositivos para a sua eliminação.

De acordo com o Manual da ANA/FIESP & SindusCon (2005), considerando os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento de compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou radiação ultravioleta. Eventualmente podem-se utilizar sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados. A qualidade da água de chuva pode variar de acordo com o local onde é feita a coleta (Tabela 8).

Tabela 8. Variação da qualidade da água da chuva devido à área de coleta.

Grau de purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas e animais)	Se a água for purificada pode ser consumida
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Usos não potáveis
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento
D	Estradas	Mesmo para usos não potáveis, necessita tratamento

Fonte: Group Raindrops (2002).

E segundo o Group Raindrops (2002), devem-se levar em conta estes requisitos de qualidade dependendo das aplicações que se fizer, como se verifica na Tabela 9.

Tabela 9. Diferentes níveis de qualidade da água exigidos conforme o uso.

Usos da água de chuva	Tratamento da água
Rega das plantas	Não é necessário
Irigadores; Combate ao fogo; Para refrescar o ar.	É necessário para se manter os equipamentos em boas condições.
Lagoa / Fonte; Banheiro; Lavar roupas; Lavar carros.	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Banho / Piscina; Para beber; Para cozinhar.	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: Group Raindrops (2002).

O Group Raindrops (2002) relata que quando a água de chuva é usada para beber, tomar banho, lavagens ou para onde quer que a água da chuva entre em contato diretamente com o corpo humano, é preciso de tratamento especial, como desinfecção. Porém, para usos não potáveis, um simples tratamento físico, inclusive remoção de sujeira por um coador ou remoção de areia através de sedimentação bastam. Um tratamento muito complicado somente resultaria em maiores custos e manutenção incômoda.

Como sugestão o guia de aproveitamento de água de chuva do Texas, EUA, (Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997), propõe medidas de proteção para o uso da água da chuva antes de seu consumo, ou seja, algumas técnicas de tratamento de água da chuva em função da localização conforme a Tabela 10.

Tabela 10. Técnicas de tratamento da água da chuva em função da localização.

Método	Local	Resultado
Telas e grades	Calhas e tubo de queda	Previne entrada de folhas e galhos no sistema
Sedimentação	No reservatório	Sedimenta matéria particulada

Filtração		
Na linha de água	Após bombeamento	Filtra sedimentos
Carvão ativado	Na torneira	Remove cloro
Osmose reversa	Na torneira	Remove contaminantes
Camadas mistas	Tanque separado	Captura material particulado
Filtro lento	Tanque separado	Captura material particulado
Desinfecção		
Fervura/destilação	Antes do uso	Elimina microorganismos
Tratamento químico (cloro ou iodo)	No reservatório ou no bombeamento (liquido, tablete/pastilha ou granulado)	Elimina microorganismos
Radiação ultravioleta	Sistemas de luz ultravioleta devem estar localizados após passagem por filtro	Elimina microorganismos
Ozonização	Antes da torneira	Elimina microorganismos

Fonte: Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997).

3.3 ASPECTOS QUANTITATIVOS DA ÁGUA

3.3.1 Dimensionamento e Quantitativo de Custos

Os dimensionamentos, bem como as estimativas das demandas, os cálculos e equações serão descritas a seguir, conforme estudos e pesquisas realizados pelo PROSAB (2006):

Dimensionamento do reservatório

O dimensionamento do reservatório a ser utilizado na cisterna da água de chuva é baseado no método da seca máxima do ano e consideram-se as demandas não potáveis que serão atendidas na edificação, além de dados referentes aos índices pluviométricos da região, como a precipitação anual e o número de dias sem chuvas.

A base de cálculo para dimensionamento do reservatório é o período de estiagem, ou número de dias consecutivos sem chuva no município especificado. Este dado é obtido através de

estudos estatísticos. Na prática, o valor a ser adotado para o maior número de dias sem chuva pode ser obtido através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, ou em outros órgãos estaduais e municipais.

Estimativa das demandas não potáveis

A estimativa das demandas não potáveis abrange os diferentes usos numa residência, tanto internos quanto externos, considerando o número de moradores de habitação/empreendimento. Os valores mais usuais podem ser obtidos na Tabela 6, elaborada a partir de informações disponibilizadas na literatura.

Para o cálculo das demandas não potáveis, utiliza-se a seguinte equação:

$$Q_{NP} = Q_{INT} + Q_{EXT} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Q_{NP} = somatório das demandas não potáveis (L/d),

Q_{INT} = somatório das demandas internas (L/d),

Q_{EXT} = somatório das demandas externas (L/d).

Demandas internas

Considera-se de manda interna a utilização de água nos equipamentos localizados dentro da residência onde poderá substituir a água potável pela água de chuva, como, por exemplo, o vaso sanitário e a máquina de lavar roupas. O volume de água a ser considerado para cada equipamento varia de acordo com as especificações do fabricante e a frequência de uso dos habitantes. Os valores mais usuais podem ser obtidos na Tabela 5 e a demanda interna é obtida através da equação 2, considerando os usos em descarga e lavagem de roupas:

$$Q_{INT} = Q_{VS} + Q_{ML} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Q_{INT} = somatório das demandas internas (L/d),

Q_{VS} = N x vol. De água do vaso sanitário x nº de descargas (L/d),

Q_{ML} = N x volume de água da máquina x frequência de lavagem x coef. De carga (L/d),

N: número de habitantes da edificação.

Demandas externas

As demandas externas são aquelas onde poderá ser utilizada a água de chuva para o uso na rega de jardim, na lavagem de áreas impermeabilizadas (pisos e calçadas), lavagem de carros e na manutenção da piscina. O cálculo dessa demanda deve considerar, além da área e do volume de água, a frequência que os moradores costumam realizar as atividades. O somatório dos volumes de cada uso fornece o valor da demanda externa.

$$Q_{EXT} = Q_{JD} + Q_{AI} + Q_{PISC} + Q_{LC}$$

Equação 3

Onde:

Q_{EXT} = somatório das demandas externas (L/d),

Q_{JD} = área do jardim x volume de água x frequência de uso (L/d),

Q_{AI} = área impermeável x volume de água x frequência de uso (L/d),

Q_{PISC} = área da piscina x volume de água x frequência de uso (L/d),

Q_{LC} = volume de água x nº de vagas de garagem ocupadas x frequência de lavagem (L/d),

Com os valores das demandas internas e externas, aplica-se, então, a equação 1, obtendo, assim, a quantidade de água de chuva requerida para atender as necessidades da edificação.

Estimativa da produção de água da chuva

Após a determinação das demandas não potáveis, é necessário que se faça a estimativa da água de chuva a ser captada na edificação, a partir dos dados relativos à área de telhado, ao coeficiente de escoamento superficial e os índices pluviométricos da região.

Para essa estimativa, aplica-se a seguinte equação:

$$V = A \times P \times C$$

Equação 4

Onde:

V = volume de água de chuva a ser captado (m³),

A = área do telhado (m²),

P = precipitação anual na região (mm/ano),

C = coeficiente de escoamento.

Descarte da água de lavagem do telhado

O reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e ao posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação.

Recomenda-se o descarte de 1,0 L/m² ou 1 mm de chuva por metro quadrado de telhado.

Volume do reservatório

O volume do reservatório deve ser calculado a partir dos valores estimados das demandas não potáveis, adotando um período de retorno que represente o maior de números de dias sem chuva na região. Com isso, será possível garantir uma reserva de água suficiente para atender às demandas na edificação nos períodos onde não há ocorrência de chuvas.

Para tanto, utiliza-se a seguinte equação:

$$V_{RES} = Q_{NP} \times DS$$

Equação 5

Onde:

V_{RES} = volume do reservatório (L),

Q_{NP} = somatório das demandas não potáveis (L/d),

DS = maior número de dias sem chuva na região (dias).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Área experimental localizada no município de Araras/SP

A área experimental destinada à realização do projeto de pesquisa pertence à fábrica Grafimec, localizada no município de Araras/SP que possui clima Cwa, mesotérmico, verões quentes e úmidos e invernos secos. Totaliza 3.976,27 m² de construção, e as seguintes coordenadas geodésicas: latitude 22°22'26,4"S, longitude 47°24'07,0"W.

Tendo sua instalação em 1996 no município de Araras/SP, a fábrica atua como uma fundição de metais não ferrosos. A Grafimec desenvolveu-se como fabricante e fornecedor de uma ampla gama de mancais de deslizamento, com lubrificação convencional ou sólida, fornecendo produtos para as mais conhecidas empresas alemãs, tanto na área automobilística quanto para os fabricantes de máquinas e equipamentos.

Preocupada com as questões ambientais e com a escassez de água nos próximos anos toda a fábrica foi projetada visando o racionamento da água, mediante a reserva e o aproveitamento da água de chuva.

A Figura 1 apresenta a foto aérea da fábrica Grafimec Indústria e Comércio Ltda. na sua totalidade, caracterizando a edificação onde foi realizado o estudo qualitativo e econômico.



Figura 1. Fábrica Grafimec Indústria e Comércio Ltda, localizada no município de Araras/SP.

4.1.2 Telhado

Todo telhado da fábrica foi projetado de modo que o aproveitamento da água de chuva tenha a máxima captação, ou seja, uma pequena precipitação no decorrer da noite propiciará o escoamento para o reservatório.

O material de que é constituído o telhado é o alumínio, que dificulta a veiculação de pássaros e animais durante o dia, principalmente no verão momento em que a temperatura do telhado se eleva com facilidade.

A área de captação e aproveitamento de água de chuva do telhado é de 400 m², onde o mesmo não apresenta sistema de descarte das primeiras chuvas, devendo toda água que por ele cair, passar pelas calhas e seguir direto para cisterna.

O telhado que foi utilizado para coleta de água de chuva para posterior análise qualitativa dessa água, foi o telhado da recepção da fábrica conforme ilustra em detalhes a Figura 2.



Figura 2. Telhado da Fábrica Grafimec (Ponto de Coleta 1).

4.1.3 Calhas

As calhas estão instaladas nas dependências de fora da fábrica e possuem 76,2mm de diâmetro.

Todas as calhas instaladas na fábrica propiciam o mesmo direcionamento da água de chuva, fazendo com que essa água chegue até à cisterna.

A calha especificada na Figura 3, foi o local onde se realizou a coleta, caracterizada como ponto de coleta 2.



Figura 3. Calha da Fábrica Grafimec (Ponto de Coleta 2).

4.1.4 Cisterna

A cisterna da Fábrica Grafimec localiza-se na parte externa da fábrica e fica enterrada sobre o solo conforme ilustra a Figura 4. Ela tem a função de reter e armazenar a água de chuva para posterior aproveitamento pela Fábrica no âmbito ecológico e ambiental.



Figura 4. Cisterna da Fábrica Grafimec (Ponto de Coleta 3).

O material de que é constituída a cisterna é o concreto, tem capacidade para armazenar um total de 90.000 litros de água proveniente da chuva. Mediante a utilização de uma moto bomba a água de chuva será bombeada utilizando a água armazenada na cisterna que será enviada para os vasos sanitários, bem como todos os jardins e o campo de futebol conforme a necessidade da empresa.

Existe um reservatório separado, ou seja, esse reservatório se destina apenas ao armazenamento de água de chuva, onde o outro reservatório armazena água proveniente da rede pública, evitando assim que em períodos de esvaziamento da cisterna a Fábrica não fique sem água para tais necessidades.

4.1.5 Filtro da cisterna

O filtro de água situa-se logo ao lado da cisterna que armazena toda à água proveniente das chuvas, possibilitando assim a retenção das impurezas, não permitindo que essa água retorne com sedimentos e detritos em suspensão, principalmente no que tange a questão dos vasos sanitários.

Segue abaixo na Figura 5 o modelo do filtro destinado a filtrar a água proveniente das chuvas.



Figura 5. Filtro FG-50

O filtro utilizado foi o modelo FG – 50 da marca Darka mais apropriado para gotejamento na irrigação agrícola, evitando que os sedimentos e detritos em suspensão possam entupir os bicos e mangueiras.

As especificações técnicas do Filtro FG – 50 utilizado pela Fábrica Grafimec são:

Diâmetro (mm) – 500;

Altura (mm) – 1.040;

Diâmetro de entrada (BSP) – 2 polegadas;

Diâmetro de saída (BSP) – 2 polegadas;

Pressão máxima (kg/cm²) – 6;

Vazão máxima (m³/hora) – 18;

Carga filtrante (kg) – 160.

Esse modelo de filtro permite realizar as retro lavagens com a própria água da chuva armazenada sobre a cisterna após acionar um bombeamento. Também após sofrer um bombeamento mediante moto bomba de 1 HP de potência, a água de chuva sofrerá um processo de filtragem para ser utilizada nas dependências da fábrica visando às descargas em vasos sanitários, irrigação dos jardins e lavagens de pisos.

Essa água de chuva pode retornar para dentro da fábrica ou ser utilizada na parte externa. O ponto de coleta número 4 permite que se colete a água de chuva, conforme Figura 6.



Figura 6. Torneira para coleta da água da cisterna que foi filtrada (Ponto de Coleta 4).

As coletas de água de chuva nos pontos 1, 2, 3, e 4 respectivamente telhado, calha, cisterna e cisterna filtrada foram realizadas no sentido de avaliar a qualidade física, química e bacteriológica dessa água dentro do complexo industrial.

4.1.6 Área experimental de Limeira

A área experimental destinada à realização do estudo econômico, pertence à Escola Estadual “Dom Idílio José Soares”, localizada na Rua Carlos Ruffo, número 234, bairro Jardim Vista Alegre, município de Limeira – SP.

Visando a formação educacional, a escola destina-se ao aprendizado de jovens do ensino básico, médio e fundamental.

Preocupada com as questões ambientais e com a escassez de água nos próximos anos, parte do telhado, ou seja, 224 m² foram adaptados no sentido de racionamento da água, mediante a reserva e o aproveitamento da mesma no vaso sanitário e lavagem do pátio da escola.

A Figura 7 apresenta a foto da área experimental da “Escola Estadual Dom Idílio José Soares”.



Figura 7. Área Experimental da Escola Estadual Dom Idílio José Soares.

Conforme se verifica no esquema da Figura 7, somente a metade do telhado foi aproveitada para captação e aproveitamento da água de chuva, totalizando uma área de captação de 224 m².

A parte de trás do telhado não estava interligada com a cisterna, portando havia aproveitamento de água de chuva somente em 224 m² que era a área onde estavam interligados telhado, calha e cisterna conforme Figura 7.

Esse telhado difere do telhado da Fábrica de Araras, por possuir descarte das primeiras chuvas, melhorando assim a qualidade da água de chuva armazenada.

Juntamente com a calha que é destinada para captação, existem mais duas que foram fechadas para que no momento das chuvas toda a água seja direcionada para a calha da cisterna.

Apenas uma calha com 76,2 mm de diâmetro está direcionada para receber à água proveniente das chuvas.

A cisterna da Escola Estadual Dom Idílio José Soares, que tem a função de armazenar a água de chuva, visando o seu aproveitamento, pode ser vista em detalhes na Figura 8.

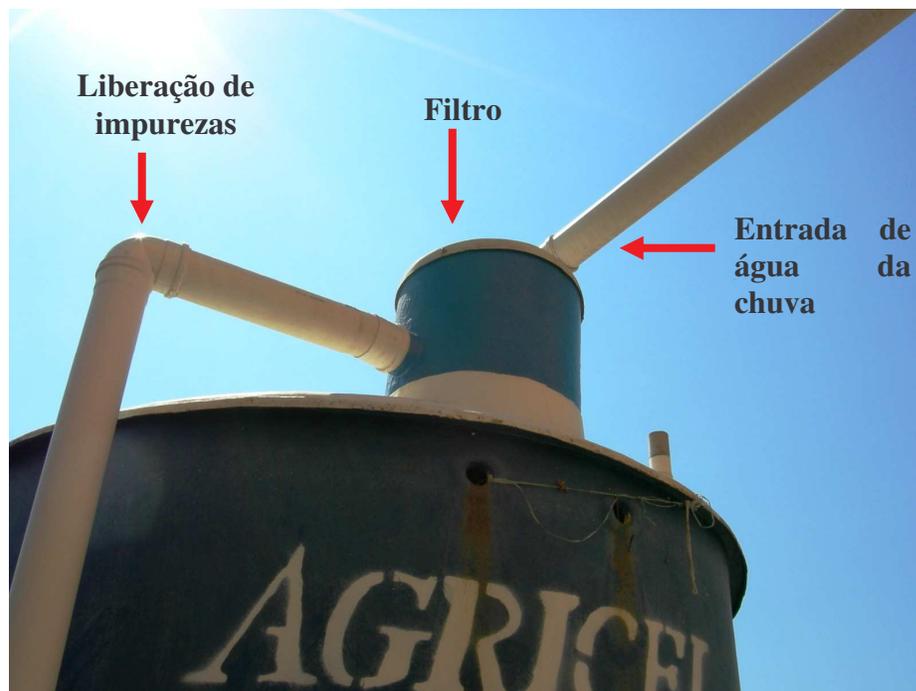


Figura 8. Cisterna com detalhes do filtro.

O material de que é constituída a cisterna é o Plástico Reforçado em Fibra de Vidro ou mais comumente conhecido no Brasil como Fiberglass, e tem capacidade para armazenar um total de 10.000 litros de água proveniente da chuva. Essa água que se destina ser armazenada na cisterna passa pelo telhado, segue para o condutor vertical com destino à cisterna, apresentando um sistema de descarte conforme ilustra a Figura 8.

Juntamente com a cisterna encontra-se o filtro que se destina a reter as impurezas, não permitindo que sedimentos e detritos se alojem no interior da cisterna.

No momento em que se enche a cisterna existe uma outra tubulação destinada a liberar todas as impurezas retidas pelo filtro na rede de esgoto.

A cisterna é totalmente isenta de bombas para acionamento hidráulico da água, ou seja, no momento em que se deseja utilizar água da chuva abre-se o registro, e quando houver a necessidade de utilizar água da rede pública fecha-se o registro. No momento de abertura do registro para utilizar a água da cisterna, toda essa água desce por gravidade chegando até um único vaso sanitário demonstrado na Figura 9.



Figura 9. Caixa abastecida pela água de chuva.

Uma vez em que o registro da cisterna esteja aberto, no momento em que se aperta a válvula da descarga do vaso sanitário, à água de chuva é utilizada economizando, assim a água da rede pública.

A Figura 10 demonstra em detalhes a adaptação feita para recebimento de água de chuva no vaso sanitário da Escola.



Figura 10. Vaso sanitário adaptado para descarga com água de chuva.

Cabe destacar que abrindo ou fechando o registro da cisterna é possível acionar a descarga do vaso sanitário mediante uma válvula, onde se utilizando a água de chuva se consegue uma economia de água. A água de chuva desce paralelamente conforme ilustra a Figura 10.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Metodologia para análise qualitativa da água de chuva na Fábrica Grafimec de Araras-SP

Toda metodologia foi desenvolvida no sentido de caracterizar a qualidade da água de chuva na edificação.

Para tanto a metodologia desenvolvida compreendeu coletas nos 4 pontos representativos que foram ilustrados pelas Figuras 2, 3, 4 e 6 respectivamente caracterizados pelos pontos 1, 2, 3 e 4 de coleta de água de chuva .

Foram realizadas coletas ao longo de 1 ano em todos os pontos, ou seja, telhado, calha, cisterna e cisterna filtrada. Mensalmente eram realizadas 2 repetições de coletas para todos os pontos, com exceção do telhado e calha uma vez que essa coleta era exatamente em tempo real, dependendo assim da chuva instantânea.

Após a coleta de água de chuva em todos os pontos essa água era transportada aos laboratórios para análises físico-químicas e bacteriológicas indicados na Tabela 12. As amostras foram encaminhadas aos laboratórios em potes e frascos esterilizados.

A precipitação e dias com chuva ao longo de dez anos no município de Araras encontram-se disponível em Apêndice 2

4.2.2 Pontos de coleta para análise qualitativa da água de chuva

O 1º ponto onde se coletou a água de chuva para análise dos aspectos qualitativos dessa água, compreende o telhado (P1) que fica nas dependências da parte externa da fábrica, logo na recepção da empresa, conforme a Figura 2.

Essa coleta foi realizada em tempo real, ou seja, bem no momento da chuva, e ocorreram variações do número de coletas principalmente em períodos de estiagem.

O 2º ponto de coleta compreende basicamente a calha (P2) que por sua vez também se encontra localizado nas dependências da parte externa da fábrica (Figura 3).

A coleta realizada na calha também foi no momento da chuva, onde se abriu a tampa da parte superior da calha coletando-se assim a amostra da água que já passou pelo telhado (Figura 3).

Após ter passado pela calha essa água seguia diretamente para o 3º ponto, que se denomina cisterna (P3), (Figura 4).

Essa coleta independente do período de chuvas esparsas foi realizada em qualquer hora do dia ou qualquer dia do ano. A água armazenada na cisterna era utilizada nos vasos sanitários da fábrica, irrigação de todo jardim, bem como lavagem de pisos.

Já na coleta do 4º ponto água filtrada (P4), existe um registro alternativo que fica nas dependências da parte externa da fábrica conforme ilustra a Figura 6.

Essa coleta do 4º ponto foi realizada desligando o registro geral da fábrica e acionando uma moto-bomba que enviava a água de chuva para a torneira externa (Figura 6). Essa torneira foi instalada para facilitar a utilização da água de chuva nas dependências externas da fábrica, não havendo necessidade de entrar na fábrica para acionar o sistema.

Cabe ressaltar que a coleta no 4º ponto, era feita independentemente do dia e horário do ano, uma vez que a água de chuva estava armazenada na cisterna, bastando apenas acionar a moto-bomba para realizar essa coleta. Enfim o 4º ponto não dependia de chuva instantânea, assim como o 3º ponto cuja necessidade era apenas de abrir a tampa da cisterna.

A motobomba, bem como o filtro que propiciam à água da cisterna chegar aos vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagem dos pisos ficam alojados nas dependências da parte externa da fábrica em uma construção específica (Figura 5).

O esquema da Figura 11 ilustra todo percurso da água pluvial da empresa desde a sua captação feita pelo telhado até o seu aproveitamento final.

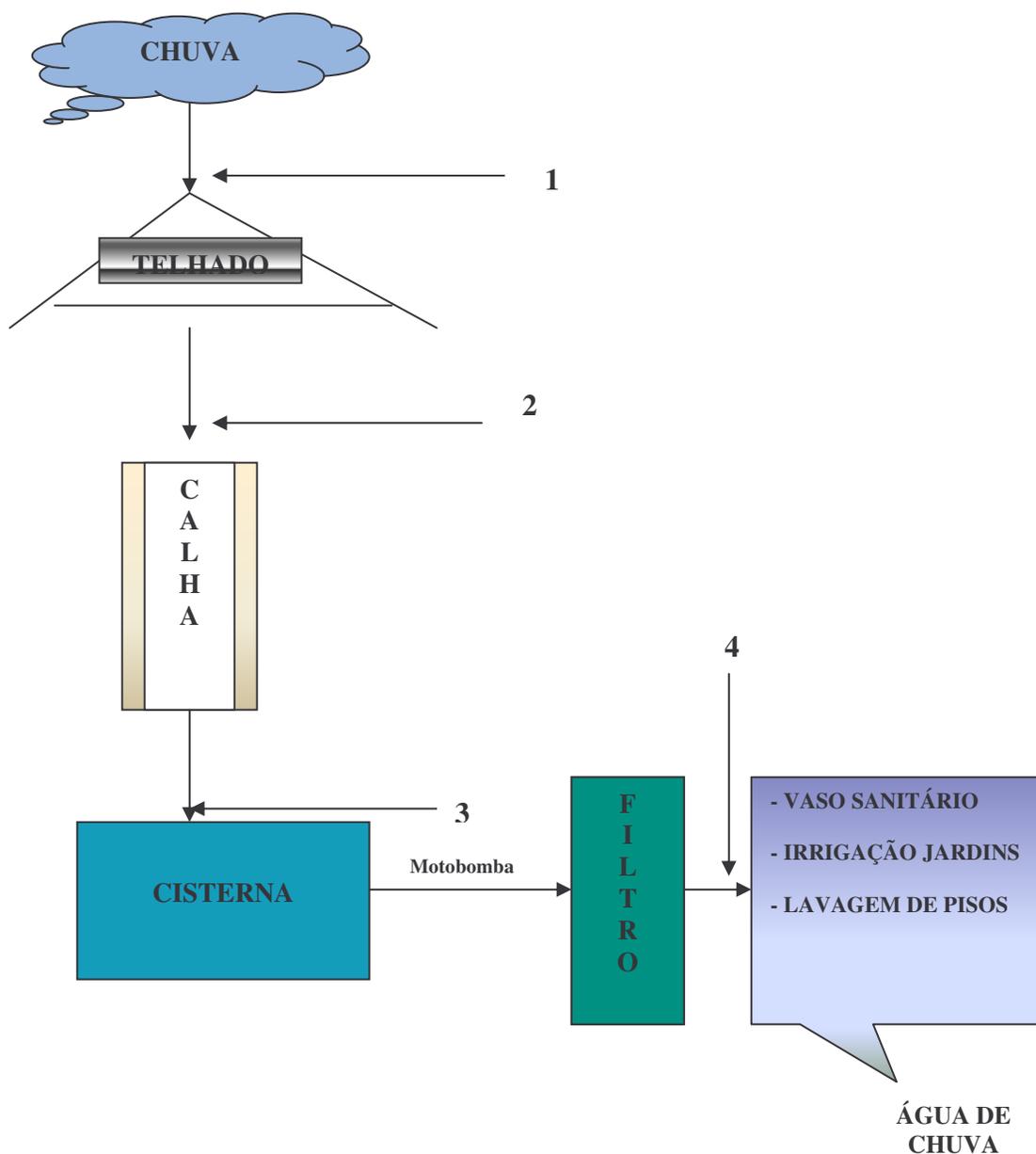


Figura 11. Fluxograma da empresa destacando todo percurso da água de chuva.

Os pontos P1 (telhado), P2 (calha), P3 (cisterna) e P4 (água filtrada) respectivamente são os pontos em que foram coletadas as amostras para posterior análise físico-químico e bacteriológico e encaminhadas ao laboratório da Uniararas e Áquali Laboratórios.

4.2.2 Parâmetros Qualitativos da Fábrica Grafimec de Araras/SP

Os parâmetros de qualidade analisados na água de chuva nos 4 pontos de coleta (telhado P1, calha P2, cisterna P3 e água de chuva filtrada P4) estão ilustrados na Tabela 11.

Tabela 11. Parâmetros de qualidade adotados para água de chuva

Físicos	Químicos	Biológicos
Turbidez	pH	Bactérias heterotróficas
	DQO	Coliformes Totais
	Nitrato	Coliformes Termotolerantes
	Nitrito	
	Condutividade	

As coletas de água de chuva nos 4 pontos contemplaram todos esses parâmetros físicos, químicos e biológicos, analisados durante 1 ano todo, onde se realizou a coleta 2 vezes por mês de todos esses parâmetros, com exceção de nitrato e nitrito por apresentar uma quantidade menor de amostragens.

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos foram coletados em frascos esterilizados e em seguida encaminhados ao Laboratório da Fundação Hermínio Ometto – UNIARARAS, onde se realizaram as análises físico-química, ficando as análises biológicas a cargo do Laboratório Áquali.

Todos os parâmetros qualitativos da Tabela 11 foram analisados em laboratório seguindo as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

No que tange os parâmetros físico-químicos da água de chuva estabeleceu-se as combinações entre os pontos de coleta conforme a Tabela 12, com a proposta de verificar se existe ou não diferença significativa entre esses pontos de coleta.

Tabela 12. Comparações entre os Pontos de Coleta (Parâmetros físico-químicos)

Pontos de Coleta	Parâmetros
Telhado (P1) e Calha (P2)	DQO pH Turbidez
Telhado (P1) e Cisterna (P3)	DQO pH Turbidez
Telhado (P1) e Cisterna Filtrada (P4)	DQO pH Turbidez
Calha (P2) e Cisterna (P3)	DQO pH Turbidez
Calha (P2) e Cisterna Filtrada (P4)	DQO pH Turbidez
Cisterna (P3) e Cisterna Filtrada (P4)	DQO pH Turbidez

Repetiu-se a mesma metodologia para os parâmetros bacteriológicos da água de chuva, onde estabeleceu-se as combinações entre os pontos de coleta conforme se verifica na Tabela 13, com a proposta de verificar se existe ou não diferença significativa entre esses pontos de coleta.

Tabela 13. Comparações entre os Pontos de Coleta (Parâmetros bacteriológicos)

Pontos de Coleta	Parâmetros
Telhado (P1) e Calha (P2)	Coliformes Totais Coliformes Termotolerantes Bactérias Heterotróficas
Telhado (P1) e Cisterna (P3)	Coliformes Totais Coliformes Termotolerantes

	Bactérias Heterotróficas
Telhado (P1) e Cisterna Filtrada (P4)	Coliformes Totais
	Coliformes Termotolerantes
	Bactérias Heterotróficas
Calha (P2) e Cisterna (P3)	Coliformes Totais
	Coliformes Termotolerantes
	Bactérias Heterotróficas
Calha (P2) e Cisterna Filtrada (P4)	Coliformes Totais
	Coliformes Termotolerantes
	Bactérias Heterotróficas
Cisterna (P3) e Cisterna Filtrada (P4)	Coliformes Totais
	Coliformes Termotolerantes
	Bactérias Heterotróficas

Tanto para os parâmetros físico-químico, quanto para os bacteriológicos foram realizadas comparações entre os diversos pontos de coleta, utilizando-se dois tipos de testes estatísticos, sendo um deles o de “Mann Whitney” e o “Teste T”.

Já a Escola Estadual Dom Idílio José Soares, não foi realizado análises qualitativa da água de chuva, reportando-se apenas aos parâmetros quantitativos.

4.2.3 Parâmetros Quantitativos da Fábrica juntamente com a Escola Estadual

Para os aspectos quantitativos da água de chuva foi realizado um estudo econômico que levou em consideração à média histórica do município de Araras compreendendo a média histórica de 10 anos (Apêndice 2), à área de captação da empresa, custo da construção da cisterna, custo da manutenção do sistema.

Juntamente com esses fatores descritos anteriormente analisou-se o consumo de água da rede pública, bem como o consumo da cisterna, chegando-se ao total do consumo da empresa.

De posse de todos esses fatores o estudo possibilita chegar ao fluxo financeiro do projeto, onde se pode obter o valor do projeto, a taxa interna de retorno, a relação benefício-custo e o tempo de retorno em anos do projeto.

Paralelamente foi realizado um estudo semelhante na Escola Estadual de Limeira “Dom Idílio José Soares” permitindo chegar-se ao fluxo financeiro do projeto, evidenciando os

diferentes tipos de materiais e tipos de construção da cisterna e no que isso poderá refletir em termos econômicos ao executor do projeto.

Em ambos os casos, Araras e Limeira, a metodologia foi empregada segundo BRUGNARO (1985), que consistiu na confecção de planilhas de Excel adaptando os valores, uma vez que os parâmetros, tais como área de captação, calhas, cisternas, preço da água da rede pública e demandas dos usuários, são diferentes, ou seja, o aproveitamento de água de chuva da fábrica difere do aproveitamento de água de chuva da escola.

Mediante estudo dos indicadores para avaliação econômica, se chegou aos resultados de valor do projeto, taxa interna de retorno, relação benefício-custo e tempo de retorno (anos) do investimento do projeto.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros físico-químicos da Fábrica Grafimec

5.1.1 Comparações entre os pontos de coleta

Para realizar as comparações entre os diversos pontos de coleta foram usados dois tipos de testes estatísticos, o de “Mann Whitney” e o “Teste T”.

O primeiro passo para realização do teste estatístico consistiu na verificação dos dados, para saber quais das variáveis podem ser consideradas com distribuição normal com 95 % de confiança.

No segundo passo ficou evidente que os dados físicos, químicos e bacteriológicos não apresentavam uma distribuição normal.

Portanto houve a necessidade de se aplicar uma análise não paramétrica dos dados, por que as pré-suposições exigidas nos testes paramétricos não foram atingidas.

No terceiro passo foi verificado se as variâncias eram iguais, caso fossem iguais aplicava-se o Teste de “Mann Whitney” e se a variâncias fossem diferentes aplicava-se o “Teste T”.

A Tabela 14 abaixo apresenta os resultados entre as comparações nos pontos de coleta verificando se existe ou não diferença significativa com relação aos parâmetros DQO, pH e Turbidez.

Tabela 14. Resultado das Comparações entre os Pontos de Coleta

Pontos de Coleta	Parâmetros	Resultados
Telhado (P1) e Calha (P2)	DQO	Não diferem
	pH	Diferem
	Turbidez	Não diferem
Telhado (P1) e Cisterna (P3)	DQO	Não diferem
	pH	Diferem
	Turbidez	Não diferem
Telhado (P1) e Cisterna Filtrada (P4)	DQO	Não diferem
	pH	Não diferem
	Turbidez	Não diferem
Calha (P2) e Cisterna (P3)	DQO	Não diferem

	pH	Não diferem
	Turbidez	Não diferem
Calha (P2) e Cisterna Filtrada (P4)	DQO	Não diferem
	pH	Diferem
	Turbidez	Não diferem
Cisterna (P3) e Cisterna Filtrada (P4)	DQO	Não diferem
	pH	Diferem
	Turbidez	Não diferem

Analisando-se os resultados das comparações entre pontos de coleta verificou-se que o parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) não apresentou diferença significativa entre os pontos telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4), concluindo-se que os valores podem ser considerados estatisticamente iguais.

Reportando-se ao parâmetro pH as combinações telhado (P1) e cisterna filtrada (P4), juntamente com calha (P2) e cisterna (P3) não apresentaram diferenças significativas entre si.

A maioria das combinações envolvendo pH, tais como telhado (P1) e calha (P2), telhado (P1) e cisterna (P3), juntamente com calha (P2) e cisterna filtrada (P4), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) apresentaram diferenças significativas, ou seja, não se apresentaram estatisticamente iguais.

O parâmetro turbidez não apresentou diferenças significativas nas combinações em todos os pontos de coleta telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4), considerando os seus valores estatisticamente iguais.

5.1.2 Resultados das análises físico-químico da Fábrica Grafimec

Com o objetivo de verificar se os dados coletados nos pontos de coleta permanecem dentro dos padrões estabelecidos se adotou a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 e foram confeccionados gráficos de pontos.

Esse tipo de gráfico é possível se ter uma idéia de como as amostras se comportam e compará-las com um padrão previamente estabelecido.

Os valores dos resultados das análises físico-químicos para a Fábrica Grafimec do município de Araras/SP, encontram-se no Apêndice 3.

A Tabela 15 apresenta os parâmetros com os seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP). Somente o valor do parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO) não se adotou um valor máximo permitido, uma vez que esse parâmetro não consta na Resolução nº 357.

Tabela 16. Parâmetros e seus Valores Máximos Permitidos (VMP).

Parâmetro	VMP
DQO (mg/L)	*
pH	6 a 9
	<5,65
Turbidez	40 UNT
Nitrato	10 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Condutividade	100 μ S/cm

Optou-se por trabalhar com a Resolução nº 357 por ser uma Resolução menos exigente que a Portaria 518 que é mais restrita para o estudo que foi proposto.

Todos esses parâmetros físico-químicos analisados fornecem subsídios para verificar se a água de chuva tem potencial de utilização nos arredores da Fábrica Grafimec de Araras/SP, permitindo assim a segurança de seus usuários.

A Figura 12 verifica-se como foi o comportamento da Demanda Química de Oxigênio ao longo do ano de coleta da água de chuva, nos respectivos pontos de coleta.

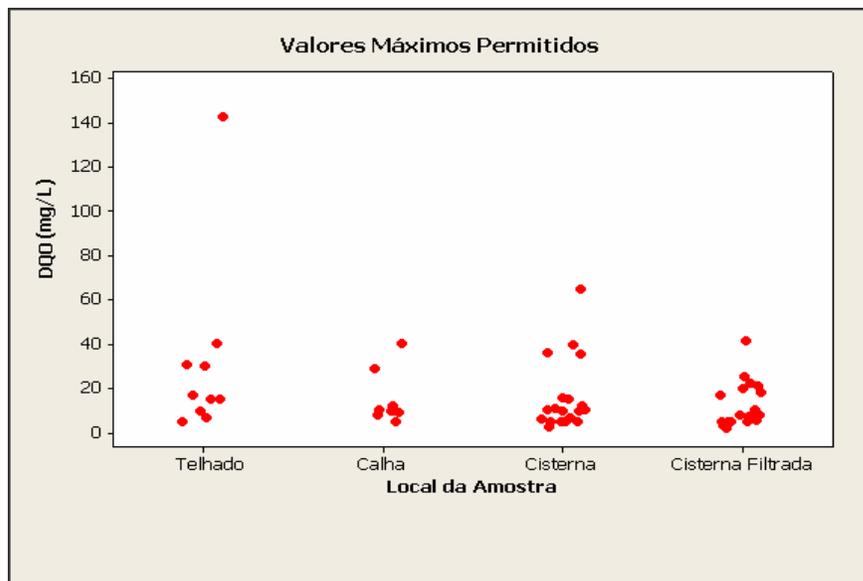


Figura 12. Resultado das análises para DQO.

Analisando-se a Figura 12, verifica-se que o maior valor encontrado no gráfico foi de 142,8 mg/L, existindo evidências de que a chuva dos meses anteriores não foi suficiente para lavar o telhado de maneira adequada e também por essa coleta ser realizada logo no momento inicial das chuvas.

Portanto, transformando o maior valor encontrado de DQO para DBO no gráfico da Figura 12, tem-se que o valor da DBO 5 dias é de 52,6 mg/L.

Baseado na Legislação Estadual do Controle do Estado de São Paulo os valores encontrados para o parâmetro DQO não apresenta riscos aos usuários desde que essa água não venha a ser ingerida pelos colaboradores da fábrica.

Como os principais usos do aproveitamento da água de chuva dentro da fábrica são descargas em vaso sanitário, irrigação de jardins e lavagem de piso, o parâmetro DQO com os resultados obtidos, não influenciarão no aproveitamento da água da chuva com relação a seus respectivos usos na fábrica.

Analisando os resultados dos valores do parâmetro pH, estes se encontram discriminados na Figura 13.

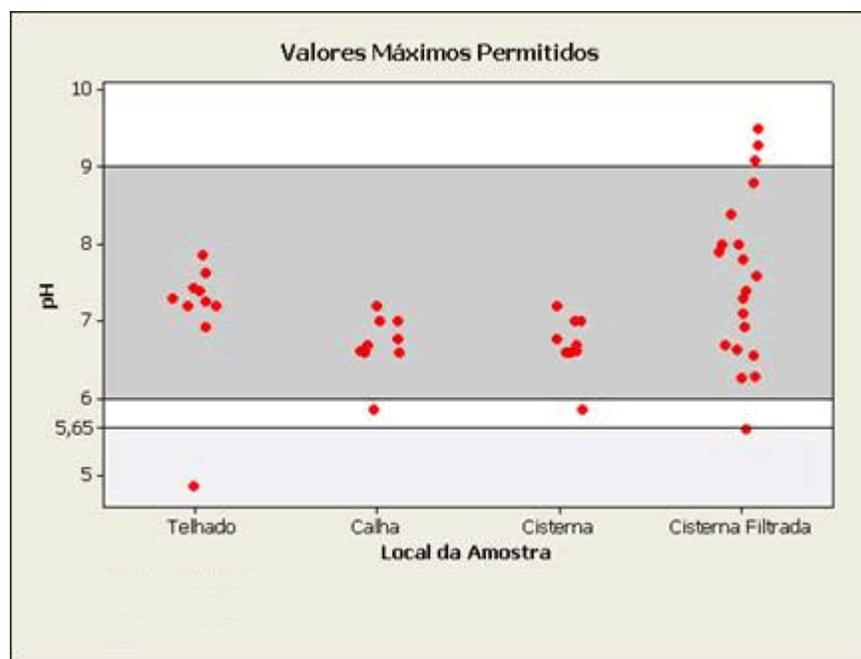


Figura 13. Resultado das análises para pH (Resolução nº 357).

Na Figura 13 verifica-se que os valores de pH encontram-se na sua maioria na faixa que vai de 6 a 9, mostrando que a chuva na sua grande maioria encontra-se dentro dos padrões normais no local onde a fábrica está instalada no município de Araras.

Esses valores demonstram que os valores são aceitáveis para precipitação pluviométrica no município de Araras.

Ressalta-se aqui que houve pontos no Gráfico da Figura 13 que se situaram fora da faixa de 6 a 9, ou seja, valores inferiores a 6 nessas condições são considerados normal. Como a fábrica localiza-se no distrito industrial e fica distante 500 metros da rodovia SP-191 - Rodovia Wilson Finardi que liga Araras até o município de Rio Claro, podem existir evidências de emissão de poluentes por veículos ou indústrias.

Esse estudo leva a crer que os valores encontrados para o parâmetro pH atende às expectativas com relação ao aproveitamento da água de chuva nas dependências da fábrica, tomando como referência à Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

Ainda analisando-se os valores físico-químicos, na Figura 14 encontra-se o resultado das análises para o parâmetro turbidez.

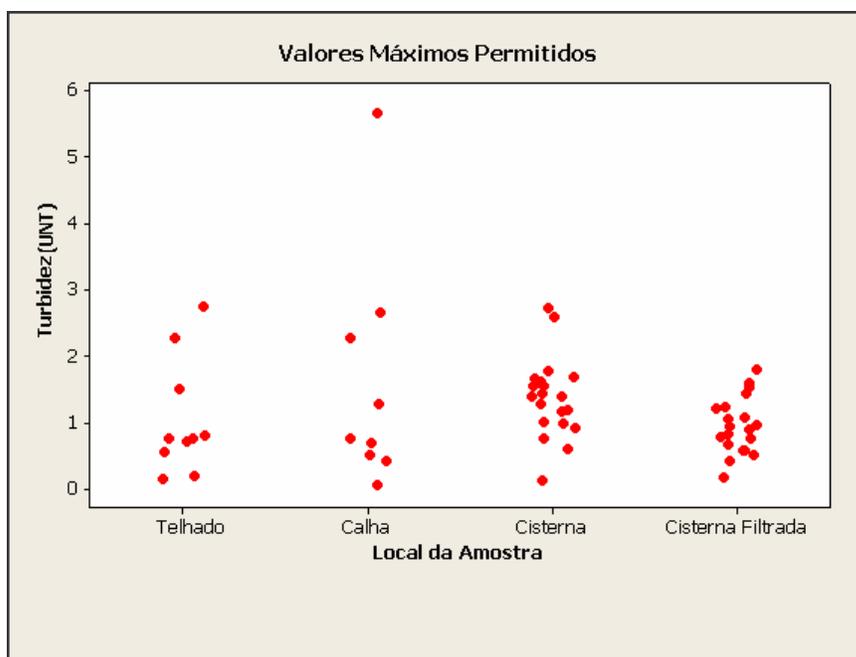


Figura 14. Resultado das análises para turbidez (Resolução nº 357).

Analisando-se o gráfico da Figura 14, tem-se que telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) encontram-se dentro do valor máximo permitido que é de 40 UNT para Classe 1 da Resolução nº 357.

O maior valor encontrado no gráfico da Figura 14 foi de 5,6 UNT, fato esse que reflete no mesmo acontecimento da DQO e, sobretudo pela coleta na calha ter sido realizada na mesma data da coleta da turbidez (Apêndice 3).

A Figura 14 mostra que os valores para o parâmetro turbidez foram baixos, e que, portanto o aproveitamento de água de chuva nas dependências da fábrica no que tange o parâmetro turbidez pode ser utilizado com o propósito que a mesma vem utilizando em suas dependências.

No que se refere à questão do nitrogênio envolvendo nitratos e nitritos, o nitrogênio é um elemento favorável para o crescimento de algas, quando em grandes quantidades presente na água também pode levar a um processo de eutrofização de lagos e represas, podendo causar problemas de ordem fisiológica ao consumidor.

Abaixo na Figura 15 encontram-se disponíveis os resultados das análises envolvendo o parâmetro nitrato.

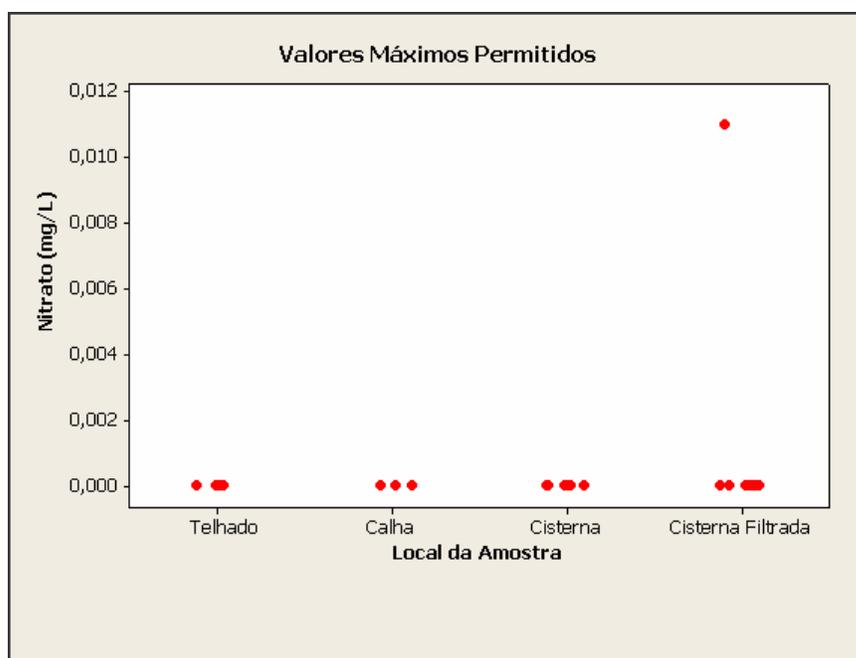


Figura 15. Resultado das análises para nitrato (Resolução nº 357).

Em se tratando do parâmetro nitrato a quantidade de análises foram menores quando comparados aos outros parâmetros ao longo do ano. O que se evidencia no telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) é a ausência do nitrato na água de chuva coletada nesses pontos.

Quando o nitrato esteve presente, foi em valor praticamente desprezível, uma vez que o seu VMP deve ser no máximo de 10 mg/L conforme preconiza à Resolução nº 357.

Mediante os resultados analisados na Figura 15, fica evidente que o parâmetro nitrato não é um obstáculo para que a água de chuva nas dependências da fábrica continue sendo utilizada, com o propósito de atender as suas próprias necessidades.

Na Figura 16, encontram-se disponíveis os resultados das análises para o parâmetro nitrito.

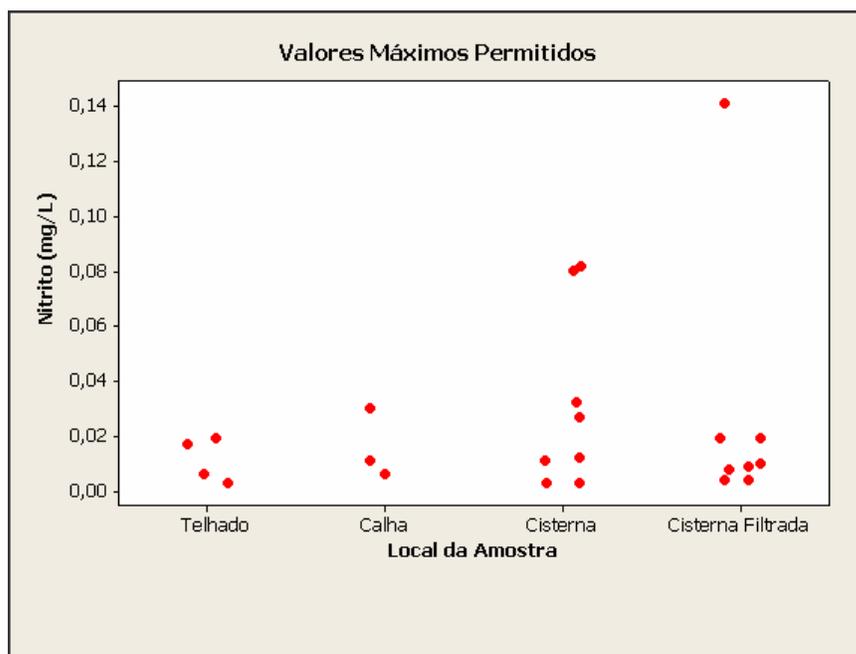


Figura 16. Resultado das análises para nitrito (Resolução nº 357).

Tomando-se como referência o VMP de 1 mg/L N baseado na Resolução 357, os pontos de coleta telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) apresentam valores aceitáveis para que a água de chuva continue sendo utilizada nas dependências da fábrica sem nenhum risco aos seus colaboradores.

Abaixo na Figura 17 apresentam-se os valores dos resultados das análises para condutividade.

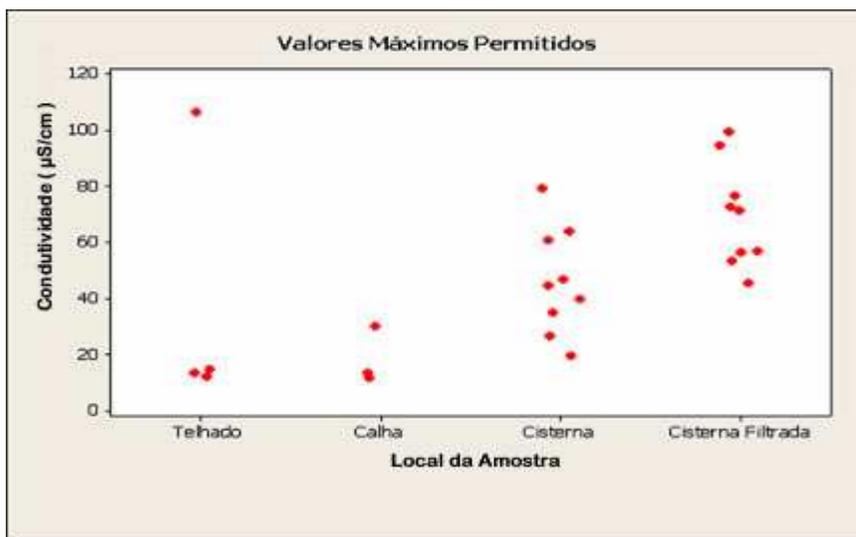


Figura 17. Resultado das análises para condutividade.

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

No entanto os resultados das análises no telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) conforme Figura 17, apresentaram valores aceitáveis sem comprometer o uso para aproveitamento de água de chuva nas dependências da fábrica.

A Tabela 16 apresenta o parâmetro salinidade com os seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP), segundo a Resolução CONAMA nº 274.

Tabela 16. Parâmetro e seus Valores Máximos Permitidos (VMP).

Parâmetro	VMP
Salinidade	Águas Doces: igual ou inferior a 0,50‰
	Águas Salobras: entre 0,50‰ e 30‰
	Águas Salinas: igual ou superior a 30‰

No que tange os valores dos resultados para o parâmetro salinidade estes se encontram abaixo na Figura 18.

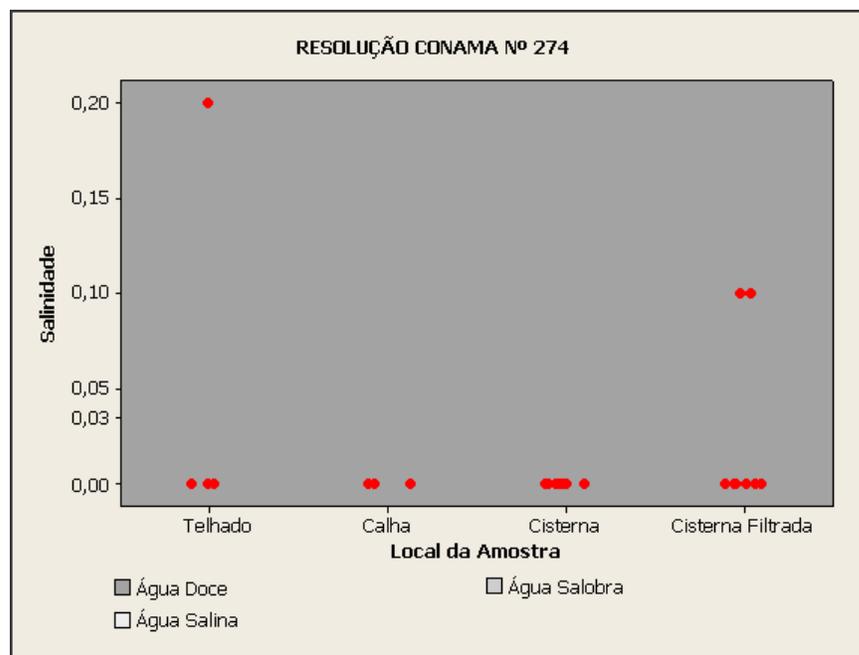


Figura 18. Resultado das análises para salinidade.

Analisando-se os resultados da Figura 18, se conclui que em todos os pontos de coleta, telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) apresentaram valores de salinidade classificando-os como água doce conforme a Resolução nº 274.

Esses resultados oferecem a confiança de que não existem restrições para aproveitamento da água de chuva nas dependências da fábrica em se tratando do parâmetro salinidade.

5.2 Parâmetros bacteriológicos da Fábrica Grafimec

5.2.1 Comparações entre os pontos de coleta

A Tabela 17 localizada abaixo, apresenta os resultados entre as comparações nos pontos de coleta verificando se existe ou não diferença significativa com relação aos parâmetros Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e Bactérias Heterotróficas.

Tabela 17. Resultado das Comparações entre os Pontos de Coleta.

Pontos de Coleta	Parâmetros	Resultados
Telhado (P1) e Calha (P2)	Coliformes Totais	Não diferem
	Coliformes Termotolerantes	Não diferem
	Bactérias Heterotróficas	Não diferem
Telhado (P1) e Cisterna (P3)	Coliformes Totais	Não diferem

	Coliformes Termotolerantes	Não diferem
	Bactérias Heterotróficas	Não diferem
Telhado (P1) e Cisterna Filtrada (P4)	Coliformes Totais	Não diferem
	Coliformes Termotolerantes	Não diferem
	Bactérias Heterotróficas	Não diferem
Calha (P2) e Cisterna (P3)	Coliformes Totais	Não diferem
	Coliformes Termotolerantes	Não diferem
	Bactérias Heterotróficas	Não diferem
Calha (P2) e Cisterna Filtrada (P4)	Coliformes Totais	Não diferem
	Coliformes Termotolerantes	Não diferem
	Bactérias Heterotróficas	Não diferem
Cisterna (P3) e Cisterna Filtrada (P4)	Coliformes Totais	Diferem
	Coliformes Termotolerantes	Não diferem
	Bactérias Heterotróficas	Não diferem

Analisando-se os resultados das comparações entre pontos de coleta verificou-se que telhado (P1) e calha (P2), telhado (P1) e cisterna (P3), telhado (P1) e cisterna filtrada (P4), calha (P2) e cisterna (P3), calha (P2) e cisterna filtrada (P4) não apresentaram diferenças significativas, ou seja, os resultados podem ser considerados estatisticamente iguais reportando-se aos parâmetros bacteriológicos.

Os resultados permaneceram inalterados para combinação cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4), onde os parâmetros coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas não apresentaram diferenças significativas.

Todavia a mesma combinação apresentou um resultado diferente no que tange o parâmetro coliforme totais, onde houve diferença significativa, mostrando que os resultados podem ser considerados estatisticamente diferentes.

5.2.2 Resultados das análises bacteriológicas da Fábrica Grafimec

Com o objetivo de verificar se os dados coletados nos pontos de coleta estão dentro dos padrões estabelecidos se adotou a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 e foram confeccionados gráficos de pontos.

Telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4) apresentaram os maiores valores de contaminação por bactérias do grupo coliforme, em torno de 1600 NMP/100 mL.

Não existiram diferenças significativas entre os pontos telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4), ou seja, todos os pontos mostraram resultados estatisticamente iguais.

Após essa constatação realizou-se um novo teste e verificou-se que a presença de coliformes totais foi maior na cisterna (P3) quando comparado à cisterna filtrada (P4).

Essa constatação pode ter relação, pelo fato da cisterna (P3) não possuir um sistema auto-limpante, ou seja, toda sujeira que passa pelo telhado (P1) e calha (P2) vai parar no fundo da cisterna (P3), contribuindo para que o número de coliformes totais seja maior na cisterna (P3) quando comparado à cisterna filtrada (P4).

Não existe um sistema de limpeza da cisterna (P3), onde a mesma só poderá ser limpa esvaziando-a totalmente.

Analisando a Figura 20 é possível verificar os resultados das análises em todos os pontos de coleta P1, P2, P3 e P4 para o parâmetro coliforme termotolerantes tomando-se como referência a Portaria 518.

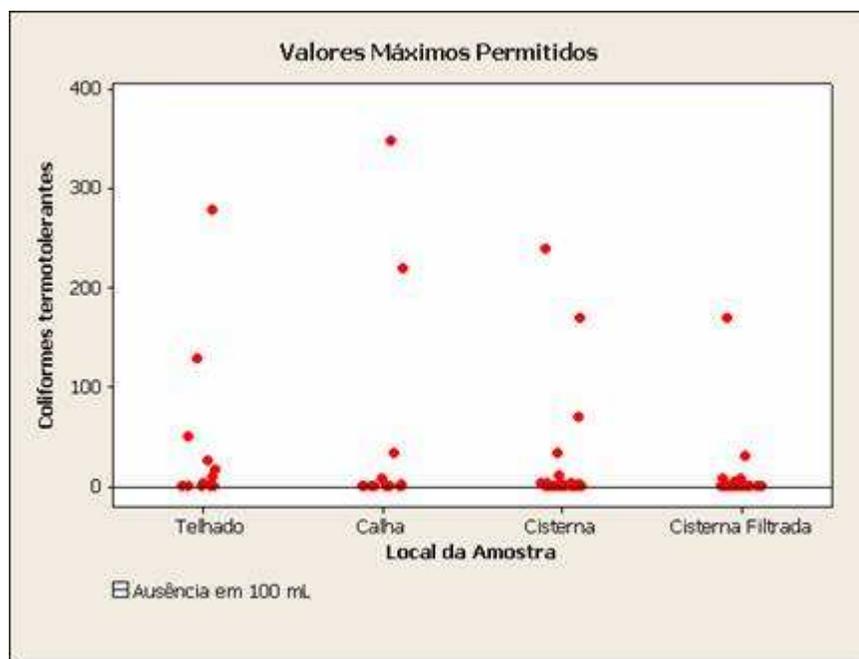


Figura 20. Resultado das análises para Coliformes Termotolerantes (Portaria 518).

Na Figura 20, se constatou a contaminação por coliformes termotolerantes em todos os pontos de coleta, telhado, calha, cisterna e cisterna filtrada.

A maior contaminação verificada no gráfico da Figura 20, ocorreu na calha atingindo o valor de 350 NMP/100 mL de Coliformes Termotolerantes segundo a Portaria nº 518.

Não existe diferença significativa entre os pontos de coleta telhado (P1), calha (P2), cisterna (P3) e cisterna filtrada (P4), ou seja, estatisticamente todos os pontos se comportaram de maneira semelhante.

Uma série de fatores pode levar ao entendimento desse resultado, onde no caso do telhado (P1) não existe sistema de descarte das primeiras chuvas, dificultando assim as primeiras coletas, pois a primeira chuva que caía no telhado não era descartada e imediatamente se coletava a água.

Já no caso da calha (P2), uma vez que toda a água que passava pelo ponto anterior (P1) era coletada logo em seguida no (P2), também se constituiu num fator negativo, pelo fato da primeira água que não era descartada pelo telhado, ser coletada logo em seguida coletada na calha (P2).

Toda essa água tinha como destino a cisterna (P3) que recebia toda essa água da chuva numa cisterna de 90.000 litros. Como as instalações da cisterna não apresentavam um sistema auto-limpante, toda sujeira era armazenada no fundo da cisterna e a mesma só poderia ser limpa quando ocorresse o seu esvaziamento total, fato que nunca aconteceu.

Reportando-se a cisterna filtrada (P4), a água de chuva que estava na cisterna sofria um bombeamento e passava por um filtro de areia, e aí sim se coletava a água da cisterna filtrada (P4).

Os resultados da cisterna filtrada (P4) mostraram que o filtro é ineficiente, totalmente inadequado para esse tipo de instalação, e por isso ocorreram contaminações por coliformes termotolerantes.

É de suma importância verificar a Tabela 11 apresentada nesse projeto de pesquisa que discute as técnicas de tratamento de água da chuva em função da sua localização.

Os resultados para bactérias heterotróficas aparecem na Figura 21, conforme a Portaria nº 518.

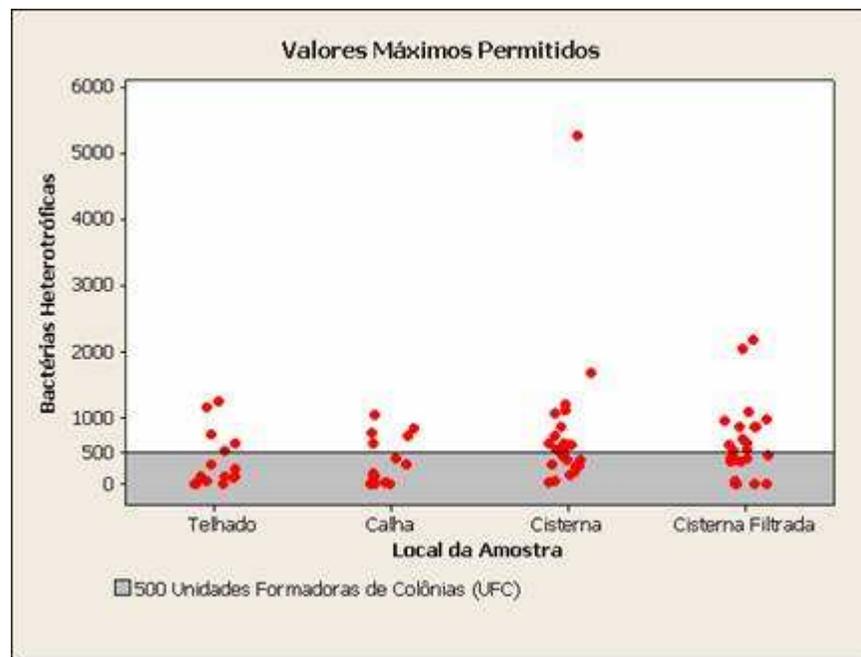


Figura 21. Resultado das análises para Bactérias Heterotróficas (Portaria nº 518).

A Figura 21 nos mostra que os valores para bactérias heterotróficas não apresentaram diferenças significativas, mostrando que estatisticamente todos os pontos (P1), (P2), (P3) e (P4) podem ser considerados estatisticamente iguais.

Adotando-se 500 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) como valor máximo permitido, é possível concluir que a água coletada em todos os pontos se encontra fora dos padrões estabelecidos pela Portaria 518.

A causa dessa contaminação por bactérias heterotróficas se deve aos mesmos problemas que foram abordados anteriormente para os parâmetros coliformes, ou seja, tendo como fator preponderante as instalações e os equipamentos.

Cabe aqui destacar que o nosso país carece de uma Resolução que contemple aspectos referentes ao aproveitamento de água de chuva, portanto é muito difícil atender às exigências contidas na Portaria 518, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Esse trabalho de pesquisa objetivou adotar a Portaria 518, para que a mesma servisse de base para comparar os resultados físico, químico e bacteriológico.

Evidentemente que os resultados das análises da água de chuva devem ser comparados com outra Resolução uma vez que fica difícil atender as especificações da Portaria 518.

Com esse intuito os resultados das análises para Coliformes Termotolerantes foram tomados como referência a Resolução nº 357, que está em vigência em nosso país, mas que também não é apropriada para o aproveitamento da água de chuva.

A Resolução CONAMA nº 274 que serviu de base para a comparação dos resultados das análises para Coliformes Termotolerantes conforme a Tabela 19.

Tabela 19. Parâmetro e seus Valores Máximos Permitidos (VMP).

Parâmetro	VMP
Coliformes Termotolerantes	Excelente: máximo 250 NMP/ 100 mL
	Muito Boa: máximo 500 NMP/100 mL
	Satisfatório: máximo 1000 NMP/100 mL
	Imprópria: superior a 2500 NMP/100 mL

Cabe aqui ressaltar que a Resolução CONAMA nº 274 é uma Resolução menos rígida que a Resolução 518, e ela tolera uma certa incidência de bactérias do grupo coliforme.

A Figura 22 apresenta os resultados das análises da água de chuva em todos os pontos de captação envolvendo os Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL).

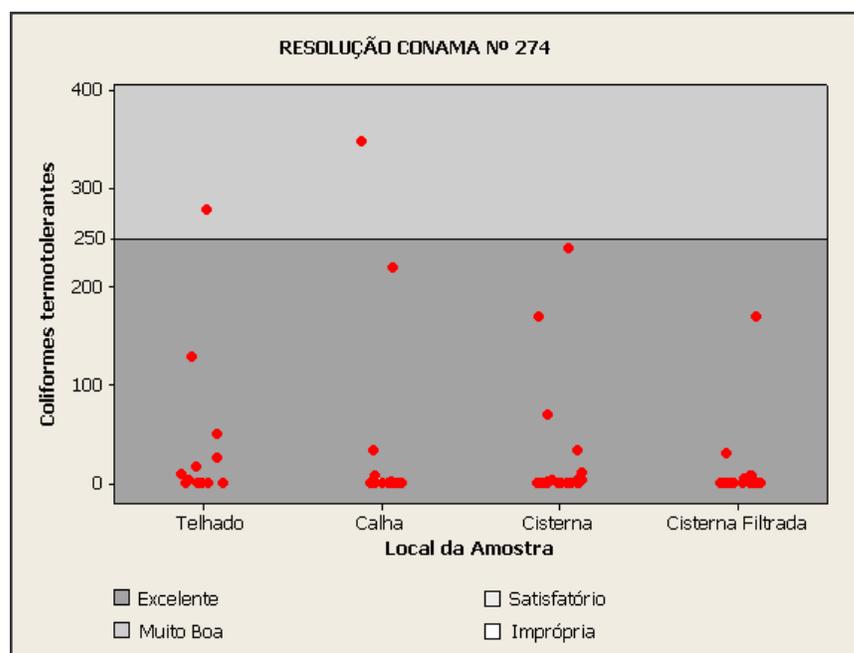


Figura 22. Resultado das análises para Coliformes Termotolerantes.

Pela Figura 22 fica evidente que todos os pontos de coleta da água de chuva apresentaram quase que na totalidade resultados excelentes, sobrando alguns pontos com valores de 280

NMP/100 mL para o telhado e 350 NMP/100 mL para calha enquadrando-se como muito boa no que se refere aos Coliformes Termotolerantes.

Nesse caso em se tratando de Coliformes Termotolerantes o aproveitamento da água de chuva é compatível com todas as instalações da fábrica, não comprometendo assim o usuário ou colaboradores de utilizá-la.

Faz-se necessário um conjunto análises bacteriológicas independente do tipo de Resolução ou Portaria a serem adotadas, uma vez que as análises bacteriológicas podem evidenciar a comprovação ou não de contaminação na água de chuva, permitindo assim que os usuários tenham segurança ao utilizar essa água.

Essas análises contribuem no âmbito da saúde pública permitindo assim que se tenham subsídios para evitar possíveis doenças de veiculação hídrica proporcionados por contaminações bacteriológicas no sistema de aproveitamento de água de chuva.

Juntamente com as análises bacteriológicas é de suma importância às adequações dos equipamentos instalados, tais como material da cisterna, filtro, vedação da cisterna, tipo de telhado, pois esses fatores podem ter papel preponderante e influenciar no resultado das análises bacteriológicas.

O que fica evidente nesse trabalho de pesquisa é que para o aproveitamento de água de chuva nas dependências da fábrica, não se pode adotar uma Resolução específica para efeito de comparações dos resultados físico-químicos e bacteriológicos, devendo-se adotar então um conjunto de Resoluções compatível com o uso a que se destina o aproveitamento da água de chuva.

5.3 Estudo de viabilidade econômica

Para uma maior abrangência da análise econômica dos empreendimentos, foram realizados 2 estudos econômicos sendo o primeiro voltado ao projeto de pesquisa, ou seja, fábrica de Araras e o segundo na Escola de Limeira “Dom Idílio José Soares”.

Os resultados do estudo de viabilidade econômica serão apresentados separadamente para a Fábrica de Araras, que foi o ponto central do projeto de pesquisa.

Numa outra instância serão apresentados também os resultados para a Escola Estadual “Dom Idílio José Soares”, que apresenta uma cisterna de menor porte e instalações mais baratas quando comparado à fábrica de Araras.

5.3.1 Resultados do estudo econômico para a Fábrica Grafimec de Araras/SP

Reportando-se ao estudo econômico para a Fábrica de Araras foram utilizadas as médias históricas de precipitação e dias de chuva nos últimos dez anos da cidade de Araras. Essas médias, bem como os dias com chuva nos últimos dez anos, período que compreendeu de 1996 até 2005 estão discriminados no Apêndice 2.

Trabalhando com uma média histórica nos últimos dez anos se permite uma maior confiabilidade e uma maior apuração do fluxo de caixa do projeto em reais correntes de set/2006.

Para a realização do estudo de viabilidade econômica foram considerados os fatores conforme apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Água de chuva – dados básicos para simulação dos valores.

Fatores	Unidade	Valores / Taxas
Área de Coleta	m ²	400
Capacidade da Cisterna	m ³	90
Eficiência de Captação	%	80
Custo de Construção	R\$	39.550
Manutenção	% a.a	1
Custo de Operação	R\$/ano	130
Taxa de Desconto	% a.a	6
Horizonte do Projeto	anos	30

Analisando-se a Tabela 20 cabe salientar que os fatores “área de coleta”, “capacidade da cisterna”, “eficiência de captação” e “horizonte do projeto” são valores fixos e que não podem ser alterados uma vez que se referem aos dados de construção do empreendimento. Já os outros fatores permitem uma simulação ou atribuição de novos valores.

A Tabela 20, juntamente com as tarifas a serem pagas ao SAEMA – Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras pela água utilizada na rede pública, mais o consumo de água mensal da cisterna, se consegue fazer simulações e chegar ao fluxo de caixa do projeto em R\$ correntes.

Para a realização do estudo financeiro do projeto houve a necessidade de saber os valores cobrados pela água da rede pública. Esses valores foram levantados junto ao SAEMA que é uma entidade autárquica municipal de Araras, e aparecem na Tabela 21.

Tabela 21. Tarifas SAEMA (Categoria: Industrial), 16/12/2005.

Até (m ³)	R\$/m ³
0 - 18	37,00
18,1 - 30	7,31
30,1 - 50	8,01
50,1 - 75	10,06
75,1 - 100	10,96
100,1 - 500	11,81
Acima de 500	12,06

*Até 18 m³: tarifa mínima.

Durante o período de 2005, foi levantado o consumo mês a mês de água da cisterna, bem como o consumo de água da rede pública (SAEMA), obtendo-se o consumo total da empresa.

A Tabela 22 apresenta os valores de consumo em m³, tanto para cisterna quanto para rede pública.

Tabela 22. Uso mensal em m³ para Fábrica Grafimec de Araras/SP.

MÊS	CISTERNA	SAEMA	TOTAL
Janeiro	6,0	41,0	47,0
Fevereiro	6,0	79,0	85,0
Março	6,0	100,0	106,0
Abril	28,0	38,0	66,0
Maiο	28,0	42,0	70,0
Junho	28,0	76,0	104,0
Julho	28,0	81,0	109,0
Agosto	28,0	49,0	77,0
Setembro	28,0	50,0	78,0
Outubro	28,0	80,0	108,0
Novembro	6,0	66,0	72,0
Dezembro	6,0	34,0	40,0

Baseado nas informações de média histórica do município de Araras, juntamente com a captação potencial é possível calcular o custo total utilizando água de chuva e o custo total sem água de chuva, ou seja, com cisterna e sem cisterna.

A Tabela 23 apresenta os resultados fixos para a empresa de Araras, levando-se em conta que esse estudo apresenta uma maior confiabilidade por trabalhar com uma média histórica de 10 anos.

Tabela 23. Médias históricas dez anos (jan/1996 a dez/2005), balanço de águas e tarifas para fábrica Grafimec de Araras/SP.

Mês	Preci pitação mm	Captação potencial m ³	Água rede pública			
			Sem cisterna		Com cisterna	
			m ³	R\$	m ³	R\$
Jan	275,7	88,2	47,0	260,89	41,0	212,83
Fev	204,9	65,6	85,0	646,02	79,0	580,26
Mar	127,2	40,7	106,0	881,28	100,0	810,42
Abr	39,5	12,6	66,0	445,88	38,0	188,80
Mai	75,4	24,1	70,0	486,12	42,0	220,84
Jun	41,9	13,4	104,0	857,66	76,0	547,38
Jul	18,6	5,9	109,0	916,71	81,0	602,18
Ago	30,1	9,6	77,0	558,34	49,0	276,91
Set	64,9	20,8	78,0	569,30	50,0	284,92
Out	87,7	28,1	108,0	904,90	80,0	591,22
Nov	152,1	48,7	72,0	506,24	66,0	445,88
Dez	216,4	69,2	40,0	204,82	34,0	156,76
Geral	1.334,3		962,0	7.238,16	736,0	4.918,40

OBS.: Captação = 0,8 * (área * mm / 1000)

Fonte: Col. “Precipitação”: UFSCar/CCA/DRNPA (www.cca.ufscar.br, Dados Climatológicos, 04/09/2006).

A partir da Tabela 23, conclui-se que a empresa ao utilizar à água da cisterna obteve um custo anual de R\$4.918,00, quando comparado ao momento em que não se fez uso dessa água da cisterna, ou seja, usou somente água da rede pública, apresentou um gasto anual de R\$7.238,00.

Fica evidente que isso representou para os cofres da empresa uma economia anual representativa de R\$2.320,00 ao utilizar a água da chuva para finalidade da empresa.

Cabe ressaltar que essa economia em dinheiro, talvez seja o que o empresariado quer, mas não é a economia de maior representatividade para a sociedade.

Hoje a maior economia é a que priorize o racionamento de água, caso contrário às futuras gerações sofrerá com a sua falta.

Quando não se utilizou água da cisterna, houve um consumo anual pela empresa de 962m³, dados esses que se traduzem em 962.000 litros de água da rede pública (SAEMA) ao ano.

Utilizando-se à água de chuva proveniente da cisterna a empresa consumiu 736m³, dados que representam 736.000 litros de água consumida da cisterna.

Se fosse calculada a média de consumo, teríamos um consumo de água mensal de 80,2m³ ou 80.200 litros de água que poderiam deixar de ser retirados dos nossos rios mensalmente, ou quase 1 milhão de litros de água ao ano (962m³).

No que tange esse aspecto com a utilização da cisterna ficou claro pela Tabela 23 uma economia significativa de 226m³ anuais, ou seja, foram economizados 226.000 litros de água da rede pública anual, valores esses que se fossem efetuados a média podem ser traduzidos como uma economia de 19m³ ao mês ou 19.000 litros de água da rede pública que sairiam dos nossos rios mensalmente para atividades que não haveria necessidade, tais como: descarga de vaso sanitário, lavagens de piso, irrigação de jardins, dentre outras.

5.3.2 Fluxo de Caixa do Projeto para a Fábrica Grafimec de Araras/SP

Tomando como referência as Tabelas 20, 21, 22 e 23 onde estão inclusos os dados básicos, as tarifas do SAEMA, os consumos mensais da empresa no âmbito da cisterna ou da rede pública e o balanço de água e tarifas, respectivamente se consegue chegar ao Fluxo de Caixa do Projeto em R\$ correntes de set/2006.

O Fluxo de caixa do projeto se baseia na Tabela 20 que permite fazer simulações e chegar ao fluxo financeiro baseado em todos os indicadores relatados anteriormente.

Nesse caso ao adotarem-se os valores da Tabela 20, abaixo se verifica na Tabela 24 o Fluxo de Caixa do Projeto em R\$ correntes para a empresa do município de Araras.

Tabela 24. Fluxo de Caixa do Projeto para Fábrica Grafimec – R\$ correntes de set/2006.

Ano	Custos					Total com cisterna	Total sem cisterna	Saldo
	Investimento	Manutenção	Operação	Água pública				
0	39.550					39.550		-39.550
1 a 30		396	130	4.918		5.444	7.238	1.794

Tomando-se como referência um horizonte de projeto como 30 anos, partindo de um investimento inicial de projeto de R\$39.550,00 que foi o custo total de implantação da cisterna de

90m³, aliado a todos os custos de manutenção e de operação, bem como a taxa percentual de desconto ao ano verifica-se que o saldo foi de R\$1.794,00.

Esse saldo representa que ao longo de 30 anos de projeto o investimento inicial que foi de R\$39.550,00, dificilmente se paga ao considerar despesas de manutenção e operação.

O retorno do capital investido ao longo de 30 anos se traduz no valor de R\$1.794,00, ficando evidente numa relação custo-benefício que para cada R\$1,00 de custo, o retorno será de R\$0,53.

Ao se elevar a taxa de custos com operação e manutenção, mais a taxa de desconto (Tabela 20), ocorre uma redução no valor do saldo do projeto (Tabela 24), e conseqüentemente isso se reflete na taxa interna de retorno e tempo de retorno do investimento, onde dificilmente o projeto se tornará viável do ponto de vista econômico.

A taxa interna de retorno corresponde, de certo modo, ao retorno do capital envolvido no processo produtivo, num dado intervalo de tempo.

Fica evidente nesse trabalho de pesquisa que o investimento inicial foi elevado, mas que a preocupação do empresário não consiste em valores, mas na preocupação com as próximas décadas, uma vez que as futuras gerações poderão depender de práticas alternativas onde está inserido o aproveitamento de água de chuva.

5.3.3 Resultados do estudo econômico para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP

Reportando-se ao estudo econômico para a Escola Dom Idílio José Soares foram utilizadas as médias históricas de precipitação e dias de chuva nos últimos dez anos da cidade de Araras. Por serem municípios vizinhos foi adotado para Limeira a mesma média da cidade de Araras, pois a variação de precipitação entre uma cidade e outra é praticamente desprezível. Essas médias, bem como os dias com chuva nos últimos dez anos, período que compreendeu de 1996 até 2005 estão discriminados no Apêndice 2.

Trabalhando com uma média histórica nos últimos dez anos se permite uma maior confiabilidade e uma maior apuração do fluxo de caixa do projeto em R\$ correntes de set/2006.

Para a realização do estudo de viabilidade econômica foram considerados os fatores conforme apresentados na Tabela 25.

Tabela 25. Água de chuva – dados básicos

Fatores	Unidade	Valores / Taxas
Área de Coleta	m ²	224
Capacidade da Cisterna	m ³	10
Eficiência de Captação	%	80
Custo de Construção	R\$	3.497
Manutenção	% a.a	1
Custo de Operação	R\$/ano	130
Taxa de Desconto	% a.a	6
Horizonte do Projeto	anos	30

Analisando-se a Tabela 25 cabe salientar que os fatores “área de coleta”, “capacidade da cisterna”, “eficiência de captação” e “horizonte do projeto” são valores fixos e que não podem ser alterados uma vez que se referem aos dados de construção do empreendimento. Já os outros fatores permitem uma simulação ou atribuição de novos valores.

A Tabela 25, juntamente com as tarifas a serem pagas à empresa Águas de Limeira pela água utilizada na rede pública, mais o consumo de água mensal da cisterna, se consegue fazer simulações e chegar ao fluxo de caixa do projeto em R\$ correntes.

Para a realização do estudo financeiro do projeto houve a necessidade de saber os valores cobrados pela água da rede pública no município de Limeira. Esses valores foram levantados junto à empresa Água de Limeira S/A com base na estrutura tarifária-decreto municipal número 221 de 07 de agosto de 2006 conforme a Tabela 26.

Tabela 26. Tarifas Águas de Limeira S/A (Categoria: Pública), 08/08/2006.

Até (m ³)	R\$/m ³
0 - 10	1,82
10,1 - 15	3,32
15,1 - 30	3,32
30,1 - 60	4,84
60,1 - 100	7,56
Acima de 100	9,06

Durante o período de 2006, foi levantado o consumo mês a mês de água da cisterna, bem como o consumo de água da rede pública (Águas de Limeira S/A), obtendo-se o consumo total da escola.

A Tabela 27 apresenta os valores de consumo em m³, tanto para cisterna quanto para rede pública.

Tabela 27. Uso mensal em m³ para Escola de Limeira.

MÊS	CISTERNA	ÁGUAS DE LIMEIRA	TOTAL
Janeiro	61,8	661,0	722,8
Fevereiro	45,9	630,0	675,9
Março	28,5	695,0	723,5
Abril	8,8	950,0	958,8
Maiο	16,9	908,0	924,9
Junho	9,4	1050,0	1059,4
Julho	4,2	896,0	900,2
Agosto	6,7	30,0	36,7
Setembro	14,5	953,0	967,5
Outubro	19,7	650,0	669,7
Novembro	34,1	3,0	37,1
Dezembro	48,5	179,0	227,5

Baseado nas informações de média histórica do município de Araras, juntamente com a captação potencial é possível calcular o custo total utilizando água de chuva e o custo total sem água de chuva, ou seja, com cisterna e sem cisterna. A capacidade da cisterna é dinâmica, uma vez que ela tem autonomia para receber apenas 10m³ e, portanto ela encheu-se e esvaziou-se mais de uma vez ao mês.

A Tabela 28 apresenta os resultados fixos para a Escola Dom Idílio José Soares, levando-se em conta que esse estudo apresenta uma maior confiabilidade por trabalhar com uma média histórica de 10 anos.

Tabela 28. Médias históricas dez anos (jan/1996 a dez/2005), balanço de águas e tarifas para a escola de Limeira.

Mês	Preci pitação mm	Captação potencial m ³	Água rede pública			
			Sem cisterna		Com cisterna	
			m ³	R\$	m ³	R\$
Jan	275,7	49,4	722,8	5.784,59	661,0	5.224,68
Fev	204,9	36,7	675,9	4.943,82	630,0	4.943,82
Mar	127,2	22,8	723,5	5.532,72	695,0	5.532,72
Abr	39,5	7,1	958,8	7.843,02	950,0	7.843,02
Mai	75,4	13,5	924,9	7.462,50	908,0	7.462,50
Jun	41,9	7,5	1059,4	8.749,02	1050,0	8.749,02
Jul	18,6	3,3	900,2	7.353,78	896,0	7.353,78
Ago	30,1	5,4	36,7	53,22	30,0	53,22
Set	64,9	11,6	967,5	7.870,20	953,0	7.870,20
Out	87,7	15,7	669,7	5.125,02	650,0	5.125,02
Nov	152,1	27,3	37,1	1,82	3,0	1,82
Dez	216,4	38,8	227,5	857,76	179,0	857,76
Geral	1.334,3		7.904,0	61.577,47	7.605,0	61.017,56

OBS.: Captação = 0,8 * (área * mm / 1000)

Fonte: Col. “Precipitação”: UFSCar/CCA/DRNPA (www.cca.ufscar.br, Dados Climatológicos, 04/09/2006).

A partir da Tabela 28, conclui-se que a escola ao utilizar à água da cisterna obteve um custo anual de R\$61.018,00 quando comparado ao momento em que não se fez uso dessa água da cisterna, ou seja, usou somente água da rede pública, apresentou um gasto anual de R\$61.577,00.

Fica evidente que isso representou para os cofres da escola uma economia anual de R\$559,00 ao utilizar a água da chuva para finalidade da escola.

Hoje a maior economia é a que priorize o racionamento de água, caso contrário às futuras gerações sofrerá com a sua falta.

Quando não se utilizou água da cisterna, houve um consumo anual pela escola de 7.904m³, dados esses que se traduzem em 7.904.000 litros de água da rede pública (Águas de Limeira S/A) ao ano.

Utilizando-se à água de chuva proveniente da cisterna a escola consumiu 7.605m³, dados que representam 7.605.000 litros de água consumida da cisterna.

Se fosse calculada a média de consumo, teríamos um consumo de água mensal de 659m³ ou 659.000 litros de água que poderiam deixar de ser retirados dos nossos rios mensalmente.

No que tange esse aspecto com a utilização da cisterna ficou claro pela Tabela 28 uma economia significativa de 299m³ anuais, ou seja, foram economizados 299.000 litros de água da rede pública anual, valores esses que se fossem efetuados a média podem ser traduzidos como uma economia de 25m³ ao mês ou 25.000 litros de água da rede pública que saem dos nossos rios mensalmente para atividades que não haveria necessidade, tais como: descarga de vaso sanitário, lavagens de piso, irrigação de jardins, dentre outras.

5.3.4 Fluxo de Caixa do Projeto para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP

Tomando como referência as Tabelas 25, 26, 27 e 28 onde estão inclusos os dados básicos, as tarifas da empresa Águas de Limeira S/A, os consumos mensais da escola no âmbito da cisterna ou da rede pública e o balanço de água e tarifas, respectivamente se consegue chegar ao Fluxo Financeiro do Projeto em R\$ correntes de set/2006.

O Fluxo de Caixa do projeto se baseia na Tabela 25 que permite fazer simulações e chegar ao fluxo financeiro baseado em todos os indicadores relatados anteriormente.

Nesse caso ao adotarem-se os valores da Tabela 25, abaixo se verifica na Tabela 29 o Fluxo de Caixa do Projeto em reais correntes para a Escola Dom Idílio José Soares do município de Limeira.

Tabela 29. Fluxo de Caixa do Projeto para a Escola de Limeira/SP – R\$ correntes de set/2006.

Ano	Custos					Total com cisterna	Total sem cisterna	Saldo
	Investimento	Manutenção	Operação	Água pública				
0	3.497					3.497		-3.497
1 a 30		35	130	61.018		61.183	61.577	395

Tomando-se como referência um horizonte de projeto como 30 anos, partindo de um investimento inicial de projeto de R\$3.497,00 que foi o custo total de implantação da cisterna de 10m³, aliado a todos os custos de manutenção e de operação, bem como a taxa percentual de desconto ao ano verifica-se que o saldo foi de R\$395,00.

Esse saldo representa que ao longo de 30 anos de projeto o investimento inicial que foi de R\$3.497,00, dificilmente se paga ao considerar despesas de manutenção e operação.

O retorno do capital investido ao longo de 30 anos se traduz no valor de R\$395,00, ficando evidente numa relação custo-benefício que para cada R\$1,00 de custo, o retorno será de R\$0,94.

Ao se elevar a taxa de custos com operação e manutenção, mais a taxa de desconto (Tabela 26), ocorre uma redução no valor do saldo do projeto (Tabela 29), e conseqüentemente isso se reflete na taxa interna de retorno e tempo de retorno do investimento, onde dificilmente o projeto se tornará viável do ponto de vista econômico.

A taxa interna de retorno corresponde, de certo modo, ao retorno do capital envolvido no processo produtivo, num dado intervalo de tempo.

É importante salientar que a implantação da cisterna na Escola Dom Idílio José Soares, foi implantada no sentido didático pedagógico no sentido de mostrar para a sociedade a importância de iniciativas que possam atingir os jovens como parte de um processo de educação ambiental.

6. CONCLUSÕES

Por meio dos estudos qualitativos e econômicos visando o aproveitamento de água de chuva, o presente trabalho permite concluir que:

- Todos os parâmetros físico-químicos analisados atenderam as exigências contidas na Resolução 357 para a Fábrica Grafimec de Araras/SP;
- Ocorreram contaminações bacteriológicas (coliformes totais, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas) em todos os pontos de captação de água, ou seja, telhado, calha, cisterna e cisterna filtrada, quando foi adotado à Portaria 518;
- O nosso país carece de uma Resolução que contemple aspectos referentes ao aproveitamento de água de chuva, portanto fica muito difícil atender às exigências contidas na Portaria 518;
- Em se tratando de Coliformes Termotolerantes baseado na Resolução CONAMA 274, os resultados foram favoráveis, demonstrando que o aproveitamento de água de chuva foi compatível com as instalações da fábrica, não comprometendo os usuários ou colaboradores de utilizá-la;
- Nesse trabalho de pesquisa não se pode adotar uma única Resolução e/ou Portaria específica, portanto optou-se por um conjunto de Resoluções e/ou Portaria para uma melhor compreensão dos resultados bacteriológicos;
- Apesar de existir contaminações bacteriológicas quando os resultados foram suficientemente comparados com a Portaria 518, a qualidade da água atendeu a exigência de uso da Fábrica Grafimec de Araras/SP;
- Para uma melhor eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva poderia ser adaptado um sistema de desinfecção da água de chuva após o bombeamento da cisterna;
- O aproveitamento da água de chuva proporcionou tanto para a Fábrica Grafimec de Araras/SP, quanto para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP, uma economia na conta de água ao utilizarem água armazenada proveniente das suas cisternas;
- O aproveitamento da água de chuva proporcionou tanto para a Fábrica Grafimec de Araras/SP, quanto para a Escola Estadual Dom Idílio José Soares de Limeira/SP, uma economia de água ao utilizarem água armazenada proveniente das suas cisternas;

- A utilização da cisterna nos dois estudos de caso proporcionou uma economia significativa de água da rede pública, ou seja, água essa que sairia dos nossos rios para atividades que não haveria necessidade, tais como: descarga de vasos sanitários, lavagens de piso, irrigação de jardins e plantas, dentre outras;
- Em ambos os casos, tanto para a fábrica de Araras/SP, quanto para a Escola Estadual de Limeira/SP em se tratando de fluxo de caixa dos projetos, dificilmente se recupera o investimento inicial ao longo de 30 anos se considerar despesas de manutenção e operação do empreendimento;
- Práticas de educação ambiental no sentido de preservação dos recursos hídricos adotada pela Escola Estadual Dom Idílio José Soares e pela Fábrica Grafimec, devem ser seguidas como exemplo por outros complexos educacionais e industriais;
- Fazem-se necessário a criação de leis por parte do poder público, que atinjam todas as cidades, em especial as de grande número de habitantes. Como sugestão essa lei poderia contemplar aqueles que se dispusesse a construir ou mesmo modificar o seu sistema convencional para o sistema de aproveitamento de água de chuva, com um abatimento na questão de impostos sobre a edificação;
- Outra medida importante é o de reestruturar as casas de materiais de construção, para que as mesmas possam atender a necessidade dos projetos de edificação que contemplem a necessidade do armazenamento e aproveitamento de água de chuva;
- Esse projeto de pesquisa contribuiu de maneira significativa para que novas pesquisas possam surgir no âmbito do aproveitamento da água de chuva.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SRH e MMA. **Água: Manual de uso**. Implementando o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Brasília. 2006.
- ALVES, W. **Amianto, adieu!** Revista Água e Vida, São Paulo, n. 6, p. 19-23, 1996.
- AQUASTOCK. Disponível em: <<http://www.aquastock.com.br/economia.htm>> Acesso em: 14 set. 2004.
- AZEVEDO NETO, J.M.; BOTELHO, M.H.C. **Manual de saneamento de cidades e edificações**. São Paulo: Pini, 1991. 229 p.
- ARIYANANDA, T. **Comparative Review of Drinking Water Quality from different Rainwater Harvesting Systems in Sri Lanka**. In: International Rainwater Catchment Systems Conference, 9, 1999, Petrolina, Brazil. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.abcmac.com.br>. Acesso em 25 nov. 2005.
- ANA, FIESP e SindusCon-SP. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação: NBR 13.969**. Rio de Janeiro, 1997.
- O ATLAS DA ÁGUA. **O mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta**. São Paulo: Editora Publifolha, 2005.
- BROADHEAD, A.N. et al. **Occurrence of *Legionella* species in tropical rain water cisterns**. Caribbean Journal of Science, v. 24, p. 71-73, 1998.
- BRUGNARO, C. et al. **Introdução à análise econômica**. 2.ed. Instituto do Açúcar e do Alcool. Piracicaba-SP, 1985. 62p.
- CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade do ar do Estado de São Paulo 2001**. São Paulo: CETESB, 2001. 124p.
- CHILTON, J.C. et al. **Case study of a rainwater recovery system in a commercial building with large roof**. Urban Water, v. 1, n. 4, p. 345-354, 1999.
- CRABTREE, K.A. et al. **The detection of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in cistern water in the U.S. Virgin Islands**. Water Research, v. 30, p. 208-216, 1996.
- DANIEL, L.A.; BRANDÃO, C.C.S.; GUIMARÃES, J.R.; LIBÂNIO, M.; DE LUCA, S.J. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. PROSAB 2. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 139p.

ENCICLOPÉDIA ENCARTA. **Observação: entidades que trabalham no semi-árido, lidam com o mínimo de 250 mm/ano.** 2001. 1 CD-ROM.

FUJIOKA, R.S. et al. **The bacterial content of cistern waters in Hawaii.** In: Proceedings of the fifth international conference on rainwater cistern systems, 1991, Keelung, Taiwan. p. 33-45.

FRATERNIDADE E ÁGUA CF – 2004. **Água fonte de vida.** São Paulo: Editora Salesiana, 2003.

GEÓLOGO. **Ciclo Hidrológico.** Disponível em: <<http://www.geologo.com.br/ciclohidrologico.gif>> Acesso em: 10 abr. 2005.

GOULD, J. **Is Rainwater Safe to Drink? A Review of Recent Findings.** In: International Rainwater Catchment Systems Conference, 9, 1999, Petrolina, Brazil. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.abcmac.com.br>. Acesso em 25 nov. 2005.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva.** In: KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C.T.; AFONSO, M.A. Editora Organic Trading – Curitiba/PR. 2002.

HATHEWAY, C.L. **Toxigenic Clostridia.** Clinical Microbiology Review. V. 3, p. 66-98, 1990.

HERNANDES, A.T. et al. **Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto.** In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10.; 2004. São Paulo. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://www.aguadechuva.hpg.ig.com.br/4simposio/trabalhos>. Acesso em 15 jan. 2006.

JAWTZ, E. et al. **Microbiologia Médica.** 20 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 524 p.

KOENIG, K.W. **Rainwater Harvesting: public need or private pleasure.** Londres: IWA, Water 21, 2003. p 56 - 58.

LUKSAMIJARULKUL, P.; PUMSUWAN, V.; PUNGCHITTON, S. **Microbiological quality of drinking water and using water of a Chao Phya River Community, Bangkok.** Southeast Asian Journal Tropical Medicine Public Health, v. 25, p.633-637, 1994.

MACÊDO, J.A.B de. **Águas & Águas.** São Paulo: Livraria Varela, 2001.

PROSAB. **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

REIS DE JESUS, E.F. **A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica.** Aitientibus. Feira de Santana: n. 14, p. 143-153, 1996. Disponível em <http://www.uefs.br/sitientibus>. Acesso em 04 jan. 2006.

REBELLO, G.A.O. de. **Conservação de água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** São Paulo, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) –Área de Mitigação de Impactos Ambientais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

RICHTER, C.A. et al. **Tratamento de água.** Editora Edgard Blucher LTDA, 1991.

SAVE, A. **Obras de referência.** Disponível em: http://www.bellacalha.com.br/Site2006/acqua/index_acqua.php3?pg=obras#5 Acesso em: 25 set. 2006.

SICKERMANN, M.J. Rainwater section within wsscc global. **Fórum**, Foz de Iguaçu – Brasil. 2000

SICKERMANN, M.J. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Revista Técnica, São Paulo, ano 10, n. 59, p. 69-71, 2002.

SILVA, D.D. et al. **Gestão de recursos hídricos.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

SILVA, E.F.; GOMES, M.A. **Amebíase: Entamoeba histolytica / Entamoeba díspar.** In: NEVES, D.P. et alii; Parasitologia humana. 10 ed. São Paulo: Ateneu, 2000. 528 p.

SIMMONS, G.; HEYWORTH, J. **Assessing the Microbial Health Risks of Potable Rainwater.** In: International Rainwater Catchment Systems Conference, 9, 1999. Petrolina. Brazil. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.abcmac.com.br>. Acesso em 25 nov. 2005.

SOBRAL, H.R. **O meio ambiente e a cidade de São Paulo.** São Paulo: Makron Books, 1996. 80 p.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17º e 20º edições, APHA, AWWA e WPCF. Washington, 1995.

TEXAS (1997) Texas Guide to Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board in Cooperation with the Center for Maximum Potential Building Systems. 2nd Ed. Austin, Texas, 1997.

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

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis em áreas urbanas.** 1997.

TOMAZ, P. Captação de água de chuva. **Revista do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo**, São Paulo, n. 21, p. 16-17, jul./ago. 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental. **Balanco hídrico mensal**. Disponível em: <<http://www.cca.ufscar.br>> Acesso em: 01 ago. 2005.

WALLER, D.H.; SHEPPARD, H.; PATERSON, B.; D'EON, W.; FELDMAN, D. **Quantity and quality aspects of rain water cistern supplies in Nova Scotia**. In: Proceedings of the second international conference on rainwater cistern systems, 1984, St. Thomas, Virgin Islands, p. E5-1 – E5-14, 1984.

WIROJANAGUD, W.; HOVICHITR, V.; MUNGKARNDEE, P.; et al. **Evaluation of Rainwater Quality: Heavy Metals and Pathogens**. Ottawa: International Development Research Centre, 1989, 103p.

ZAIZEN, M. et al. **The collection of rainwater from dome stadiums in Japan**. Urban Water, v. 4, n. 1, p. 355-359, 1999.

Legislação Federal

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.

Legislação Estadual

CÓDIGO SANITÁRIO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto-lei nº 12.342, de 27 de setembro de 1978.

CONTROLE DE POLUIÇÃO AMBIENTAL ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto-lei nº 10, Art. 18 V, de novembro de 1994.

Legislação Municipal

CURITIBA. Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003 cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.

FOZ DO IGUAÇU. Lei nº 2896, de 29 de março de 2004, cria no município o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

GUARULHOS. Lei 5617 de 9 de novembro de 2000, processo 21718/1997, aborda os Reservatórios de Detenção (Piscinão).

PATO BRANCO, PARANÁ. Lei nº 2.349, de 18 de junho de 2004, cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.

RIBEIRÃO PRETO. Lei nº 9.520, de 18 de abril de 2002.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4.393, de 16 de setembro de 2004.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004.

SANTO ANDRÉ. Lei nº 7.606, de 23 de dezembro de 1997 dispõe sobre a taxa de drenagem de águas pluviais.

SÃO PAULO. Lei nº 13.276, 04 de janeiro de 2002.

8- APÊNDICES

Apêndice 1 – Requerimentos de Qualidade de Água no Brasil

Parâmetros	Unidade	Portaria MS 518/97	Resolução CONAMA 357 – Classes dos corpos hídricos				Resolução CONAMA 274 - Balneabilidade		
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Excelente	Muito Boa	Satisfatória
Alcalinidade	mg/L								
Cloretos	mg/L	250	250	250	250				
Cloro	mg/L								
E. Coli	NMP/100ml	Ausente					≤200	≤400	≤800
Coli Fecais	NMP/100ml						≤250	≤500	≤1000
Coli Totais	NMP/100ml	Ausente							
Coli Termot	NMP/100ml		200	1000	4000				
Cor Aparent	uH	15							
Cor Verd	uH			75	75				
DBO	mg/L		3	5	10				
DQO	mg/L								
Dureza	mg/L								
Fósforo	mg/L		0,025	0,05	0,075				
Nit. Amon.	mg/L		3,7	3,7	13,3				
Nitrato	mg/L	10	10	10	10				
Nitrito	mg/L	1	1	1	1				
Nitrog Total	mg/L								
OD	mg/L		≥6	≥5	≥4	≥2			
Óleos	mg/L								
pH	-	6,0-9,5	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0			
Sulfato	mg/L	250	250	250	250				
Surfactantes	mg/L								
SST	mg/L								
SDT	mg/L	1000	500	500	500				
Turbidez	UNT	5	40	100	100				

Continuação do Apêndice 1.

Parâmetros	Unidade	Portaria MS 518/97	NBR 13.969/97				Manual ANA/FIESP e SindusCon/SP (2005)			
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Alcalinidade	mg/L									500
Cloretos	mg/L	250								600
Cloro	mg/L		0,5-1,5	>0,5						
E. Coli	NMP/100ml	Ausente								
Coli Fecais	NMP/100ml		<200	<500	<500	<5000	Não detec.	≤1000	≤200	
Coli Totais	NMP/100ml	Ausente								
Coli Termot	NMP/100ml									
Cor Aparent	uH	15								
Cor Verdad	uH						≤10		≤30	
DBO	mg/L						≤10	≤30	<20	
DQO	mg/L									75
Dureza	mg/L									850
Fósforo	mg/L						≤0,1			
Nitrogênio Amoniacal	mg/L						≤20			
Nitrato	mg/L	10					≤10			
Nitrito	mg/L	1					≤1			
Nitrogênio	mg/L									
OD	mg/L					>2,0				
Óleos	mg/L						≤1,0	≤1,0		
pH	-	6,0-9,5	6,0-8,0				6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Sulfato	mg/L	250								680
Surfactantes	mg/L									
SST	mg/L						≤5	30	<20	5.000
SDT	mg/L	1000		<200			≤500			1.000
Turbidez	UNT	5	<5	<5	<10		≤2,0		≤5,0	

Apêndice 2 - Precipitação e dias com chuva. Últimos dez anos. Posto Meteorológico CCA/UFSCar. Araras, SP.

Mês	2005		2004		2003		2002		2001		2000	
	mm	dias										
Jan	430,4	19	161,2	5	297,0	16	317,4	16	244,2	12	298,4	13
Fev	47,6	6	218,4	11	111,4	11	284,0	15	132,6	13	315,0	13
Mar	171,2	12	76,0	7	59,4	10	166,0	9	100,4	10	282,2	8
Abr	22,0	2	54,4	8	31,0	6	6,0	1	47,8	2	16,2	1
Mai	104,0	4	135,0	11	45,2	4	72,0	6	94,2	8	3,0	2
Jun	48,8	4	47,0	6	7,8	3	0,0	0	21,4	2	8,6	2
Jul	3,0	1	72,0	2	0,0	0	15,0	1	3,8	2	52,6	3
Ago	6,0	2	0,0	0	15,6	4	110,2	4	67,2	4	72,4	5
Set	50,9	10	4,0	1	6,0	2	39,6	5	84,8	5	56,0	6
Out	124,8	12	136,6	11	75,4	9	73,0	3	148,1	7	50,0	5
Nov	40,2	6	159,0	11	164,2	12	186,6	11	152,4	12	407,2	11
Dez	72,8	11	192,8	12	412,4	14	199,0	16	493,0	15	195,0	13

Continuação do Apêndice 2.

2001		2000		1999		1998		1997		1996		Média	
mm	dias												
244,2	12	298,4	13	587,2	17	151,8	13	501,0	26	198,7	14	275,7	13,2
132,6	13	315,0	13	333,6	15	257,0	15	90,4	8	306,2	20	204,9	12,1
100,4	10	282,2	8	183,0	8	237,4	13	56,2	4	111,5	13	127,2	8,2
47,8	2	16,2	1	36,0	3	60,0	7	39,2	3	104,4	6	39,5	3,7
94,2	8	3,0	2	30,4	2	180,0	7	67,2	4	126,5	7	75,4	5,1
21,4	2	8,6	2	77,6	2	14,0	2	206,4	8	36,2	5	41,9	3,0
3,8	2	52,6	3	0,0	0	0,0	0	34,0	1	8,4	1	18,6	1,0
67,2	4	72,4	5	0,0	0	8,2	3	0,0	0	27,2	5	30,1	2,5
84,8	5	56,0	6	108,0	6	60,4	7	52,0	5	238,4	13	64,9	5,0
148,1	7	50,0	5	45,6	5	151,3	11	109,2	7	88,2	9	87,7	6,7
152,4	12	407,2	11	39,0	6	58,4	6	252,4	13	101,8	5	152,1	8,7
493,0	15	195,0	13	127,6	9	218,8	17	154,0	8	171,0	12	216,4	11,6

Fonte: UFSCar/CCA/DRNPA (www.cca.ufscar.br, Dados Climatológicos, 04/09/2006)

Apêndice 3 – Resultados com os valores das análises físico-químico.

Nº análises	1	2	3	4	5	6	7	8
Datas:	8/12/2004	9/12/2004	6/1/2005	31/1/2005	14/3/2005	16/3/2005	30/4/2005	13/6/2005
1- DQO	7	5	10	15	16,9	15,2	–	–
2- DQO	8	5	9	12	9,8	10	–	–
3- DQO	10	5	5	5	6	5	36,3	5,1
4- DQO	5	2,5	5	8	7,5	5	10,4	5,3
1- pH	4,86	7,86	7,43	7,25	6,92	7,29	–	–
2- pH	5,86	6,69	6,59	6,62	7,2	7	–	–
3- pH	6,08	6,56	6,23	6,05	6,98	7,21	5,7	7,2
4- pH	6,26	6,7	6,56	6,29	6,64	6,92	5,6	7,8
1- Turb.	0,77	0,77	0,8	0,549	0,714	0,204	–	–
2- Turb.	0,77	1,27	0,508	0,06	0,699	0,433	–	–
3- Turb.	0,77	1,77	0,918	0,615	1,165	1,695	2,6	0,13
4- Turb.	0,77	1,8	1,231	1,051	0,787	1,446	1,53	0,68
1- Nitrato	–	–	–	–	–	–	–	–
2- Nitrato	–	–	–	–	–	–	–	–
3- Nitrato	–	–	–	–	–	–	–	–
4- Nitrato	–	–	–	–	–	–	–	–
1- Nitrito	–	–	–	–	–	–	–	–
2- Nitrito	–	–	–	–	–	–	–	–
3- Nitrito	–	–	–	–	–	–	–	–
4- Nitrito	–	–	–	–	–	–	–	–
1- Condutiv.	–	–	–	–	–	–	–	–
2- Condutiv.	–	–	–	–	–	–	–	–
3- Condutiv.	–	–	–	–	–	–	–	–
4- Condutiv.	–	–	–	–	–	–	–	–
1- Salinid.	–	–	–	–	–	–	–	–
2- Salinid.	–	–	–	–	–	–	–	–
3- Salinid.	–	–	–	–	–	–	–	–
4- Salinid.	–	–	–	–	–	–	–	–

Continuação do Apêndice 3 – Resultados com os valores das análises físico-químico.

Nº análises	9	10	11	12	13	14	15	16
Datas:	22/6/2005	27/7/2005	30/7/2005	05/09/2005	05/09/2005	14/9/2005	19/9/2005	26/9/2005
1- DQO	-	-	-	-	30,9	-	-	40,6
2- DQO	-	-	-	28,9	-	-	-	-
3- DQO	2,5	10,9	6,7	-	-	-	10,4	-
4- DQO	3	8,1	2	-	-	18,3	-	-
1- pH	-	-	-	-	7,64	-	-	7,2
2- pH	-	-	-	6,77	-	-	-	-
3- pH	7,4	7,1	7,9	-	-	-	7,4	-
4- pH	8,8	9,5	8,4	-	-	9,3	-	-
1- Turb.	-	-	-	-	1,51	-	-	2,74
2- Turb.	-	-	-	2,669	-	-	-	-
3- Turb.	1,39	1,19	1,01	-	-	-	1,628	-
4- Turb.	0,59	0,59	0,97	-	-	1,21	-	-
1- Nitrato	-	-	-	-	0	-	-	0
2- Nitrato	-	-	-	0	-	-	-	-
3- Nitrato	-	-	-	-	-	-	-	-
4- Nitrato	-	-	-	-	-	-	-	-
1- Nitrito	-	-	-	-	0,017	-	-	0,019
2- Nitrito	-	-	-	0,03	-	-	-	-
3- Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-
4- Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-
1- Condutiv.	-	-	-	-	13,27	-	-	12,3
2- Condutiv.	-	-	-	13,53	-	-	-	-
3- Condutiv.	-	-	-	-	-	-	60,8	-
4- Condutiv.	-	-	-	-	-	72,7	-	-
1- Salinid.	-	-	-	-	0	-	-	0,2
2- Salinid.	-	-	-	0	-	-	-	-
3- Salinid.	-	-	-	-	-	-	0	-
4- Salinid.	-	-	-	-	-	0	-	-

Continuação do Apêndice 3 – Resultados com os valores das análises físico-químico.

Nº análises	17	18	19	20	21	22	23	24
Datas:	26/9/2005	26/9/2005	30/9/2005	30/9/2005	7/10/2005	7/10/2005	24/10/2005	24/10/2005
1- DQO	-	-	-	-	142,8	-	-	-
2- DQO	-	40,5	-	-	-	10,1	-	-
3- DQO	-	-	15,6	-	-	-	65	-
4- DQO	25,6	-	-	22,5	-	-	-	7
1- pH	-	-	-	-	7,2	-	-	-
2- pH	-	6,6	-	-	-	7	-	-
3- pH	-	-	7	-	-	-	6,7	-
4- pH	8	-	-	9,1	-	-	-	7,1
1- Turb.	-	-	-	-	0,153	-	-	-
2- Turb.	-	2,281	-	-	-	5,671	-	-
3- Turb.	-	-	0,977	-	-	-	1,433	-
4- Turb.	0,174	-	-	0,887	-	-	-	0,423
1- Nitrato	-	-	-	-	0	-	-	-
2- Nitrato	-	0	-	-	-	0	-	-
3- Nitrato	-	-	0	-	-	-	0	-
4- Nitrato	0,011	-	-	0	-	-	-	0
1- Nitrito	-	-	-	-	0,003	-	-	-
2- Nitrito	-	0,006	-	-	-	0,011	-	-
3- Nitrito	-	-	0,003	-	-	-	0,082	-
4- Nitrito	0,004	-	-	0,141	-	-	-	0,019
1- Condutiv.	-	-	-	-	106,4	-	-	-
2- Condutiv.	-	11,6	-	-	-	30	-	-
3- Condutiv.	-	-	64,1	-	-	-	46,7	-
4- Condutiv.	71,5	-	-	76,7	-	-	-	53,4
1- Salinid.	-	-	-	-	0	-	-	-
2- Salinid.	-	0	-	-	-	0	-	-
3- Salinid.	-	-	0	-	-	-	0	-
4- Salinid.	0,1	-	-	0	-	-	-	0

Continuação do Apêndice 3 – Resultados com os valores das análises físico-químico.

Nº análises	25	26	27	28	29	30	31	32
Datas:	27/10/2005	27/10/2005	6/11/2005	6/11/2005	13/12/2005	13/12/2005	16/1/2006	17/1/2006
1- DQO	-	-	-	-	30,4	-	-	-
2- DQO	-	-	-	-	-	-	-	-
3- DQO	40	-	15,4	-	35,4	12,4	10,4	9,7
4- DQO	-	5	-	21,3	-	41,3	19,7	16,7
1- pH	-	-	-	-	7,4	-	-	-
2- pH	-	-	-	-	-	-	-	-
3- pH	6,8	-	6,7	-	6,9	6,8	6,9	7,1
4- pH	-	7,3	-	7,9	-	7,4	8	7,6
1- Turb.	-	-	-	-	2,274	-	-	-
2- Turb.	-	-	-	-	-	-	-	-
3- Turb.	2,718	-	1,542	-	1,403	1,657	1,549	1,275
4- Turb.	-	1,593	-	1,088	-	0,512	0,945	0,826
1- Nitrato	-	-	-	-	0	-	-	-
2- Nitrato	-	-	-	-	-	-	-	-
3- Nitrato	0	-	0	-	0	0	0	0
4- Nitrato	-	0	-	0	-	0	0	0
1- Nitrito	-	-	-	-	0,006	-	-	-
2- Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-
3- Nitrito	0,08	-	0,027	-	0,032	0,012	0,003	0,011
4- Nitrito	-	0,01	-	0,019	-	0,004	0,008	0,009
1- Condutiv.	-	-	-	-	14,57	-	-	-
2- Condutiv.	-	-	-	-	-	-	-	-
3- Condutiv.	44,7	-	40	-	79,5	19,7	26,8	35,1
4- Condutiv.	-	99,7	-	56,8	-	94,9	56,7	45,7
1- Salinid.	-	-	-	-	0	-	-	-
2- Salinid.	-	-	-	-	-	-	-	-
3- Salinid.	0	-	0	-	0	0	0	0
4- Salinid.	-	0	-	0,1	-	0	0	0

Legenda:

1- TELHADO

2- CALHA

3- CISTERNA

4- ÁGUA DA CISTERNA FILTRADA

Apêndice 4 – Resultados com os valores das análises bacteriológicas.

Nº análises	1	2	3	4	5	6	7	8
Datas:	8/12/2004	8/12/2004	5/1/2005	30/1/2005	12/3/2005	4/4/2005	30/4/2005	25/5/2005
1- CT	Ausente	Ausente	Ausente	26	Ausente	Ausente	–	240
2- CT	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	170
3- CT	8	8	17	7	8	13	Ausente	240
4- CT	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	30
1- C.Term	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	50
2- C.Term	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–	33
3- C.Term	Ausente	Ausente	Ausente	4	2	Ausente	Ausente	240
4- C.Term	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	30
1- BH	1260	6	220	84	Ausente	Ausente	–	305
2- BH	1040	2	780	Ausente	Ausente	Ausente	–	300
3- BH	1120	195	53	5290	129	1680	587	355
4- BH	2050	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	2190	374	536

Continuação do Apêndice 4 – Resultados com os valores das análises bacteriológicas.

Nº análises	9	10	11	12	13	14	15	16
Datas:	30/5/2005	13/6/2005	28/6/2005	27/7/2005	31/7/2005	22/8/2005	24/8/2005	5/9/2005
1- CT	–	–	–	–	–	–	–	90
2- CT	–	–	–	–	–	–	–	1600
3- CT	5	4	2	4	17	Ausente	2	–
4- CT	5	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–
1- C.Term	–	–	–	–	–	–	–	26
2- C.Term	–	–	–	–	–	–	–	220
3- C.Term	4	4	2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–
4- C.Term	5	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	–
1- BH	–	–	–	–	–	–	–	757
2- BH	–	–	–	–	–	–	–	736
3- BH	500	272	292	523	367	607	429	–
4- BH	593	354	392	856	425	618	533	–

Continuação do Apêndice 4 – Resultados com os valores das análises bacteriológicas.

Nº análises	17	18	19	20	21	22	23
Datas:	18/9/2005	26/9/2005	30/9/2005	7/10/2005	24/10/2005	26/10/2005	7/11/2005
1- CT	–	1600	–	70	–	Ausente	–
2- CT	–	1600	–	11	–	Ausente	–
3- CT	23	–	Ausente	–	300	1600	300
4- CT	Ausente	–	Ausente	–	500	Ausente	30
1- C.Term	–	280	–	17	–	Ausente	–
2- C.Term	–	350	–	Ausente	–	Ausente	–
3- C.Term	Ausente	–	Ausente	–	33	170	70
4- C.Term	Ausente	–	Ausente	–	170	Ausente	8
1- BH	–	1164	–	110	–	42	–
2- BH	–	606	–	108	–	27	–
3- BH	1205	–	627	–	569	281	601
4- BH	983	–	869	–	677	333	1106

Continuação do Apêndice 4 – Resultados com os valores das análises bacteriológicas.

Nº análises	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Datas:	23/11/2005	25/11/2005	13/12/2005	19/12/2005	3/1/2006	9/1/2006	16/1/2006	29/1/2006	15/2/2006
1- CT	–	1600	–	–	130	–	–	11	Ausente
2- CT	–	>1600	–	–	4	–	–	8	11
3- CT	22	–	27	280	–	4	2	–	–
4- CT	22	–	110	280	–	6	23	–	–
1- C.Term	–	4	–	–	130	–	–	9	Ausente
2- C.Term	–	8	–	–	2	–	–	Ausente	Ausente
3- C.Term	2	–	2	11	–	Ausente	Ausente	–	–
4- C.Term	8	–	Ausente	Ausente	–	Ausente	Ausente	–	–
1- BH	–	123	–	–	618	–	–	117	508
2- BH	–	397	–	–	100	–	–	159	841
3- BH	858	–	465	1069	–	721	21	–	–
4- BH	872	–	498	964	–	397	36	–	–

Legenda:

1- TELHADO

2- CALHA

3- CISTERNA

4- ÁGUA DA CISTERNA FILTRADA