

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

## **I-044 - ESTUDO PILOTO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA COLETADA EM TELHADOS**

### **José Alexandre Borges Valle<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Regional de Blumenau; Mestre em Engenharia Química e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professor da Universidade Regional de Blumenau nos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Produção e Química de Alimentos e do Mestrado em Engenharia Ambiental.

### **Adilson Pinheiro**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestre em Engenharia de Recursos hídricos e Saneamento pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Doutor em Física e Química do Ambiente pelo Institut National Polytechnique de Toulouse (França); Diretor do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA-FURB); Professor do Departamento de Engenharia Civil; Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da FURB.

### **Rodrigo Felipe Pfau Cipriano**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (2003), mestrando (bolsista Capes) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da FURB.

### **Gheise Minatti**

Aluna de Engenharia Química da FURB e bolsista do PIBIC.

### **Adilvo Ferrari**

Aluno de Engenharia Química da FURB e bolsista do PIPE-FURB.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Regional de Blumenau - Departamento de Engenharia Química, Rua Araçatuba, 83, Itoupava Seca, CP 888, Blumenau/SC, 89010 971. Fone: 047 221 6056

 [alex@furb.br](mailto:alex@furb.br)

## **RESUMO**

O aproveitamento da água de chuva constitui-se em importante ação dentro do contexto do abastecimento humano e na drenagem urbana. O presente trabalho tem como objetivo principal caracterizar a água da chuva e avaliar seu tratamento e uso para fins potáveis, em atendimento a Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde. Para a realização dos experimentos e consolidação do trabalho proposto, foi inicialmente instalado um coletor de água de chuva numa edificação da Universidade Regional de Blumenau, e após a coleta foi efetuada a sua caracterização, por meio das análises dos seguintes parâmetros: pH, cor aparente, alcalinidade total, cloretos, dureza total, turbidez, alumínio, ferro total, manganês, temperatura e exame bacteriológico (coliformes totais e fecais). Para a realização dos ensaios foram empregadas as técnicas de análise de águas constantes no "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". Através de um levantamento estatístico com base nos resultados obtidos, como qualidade da água bruta, pode-se definir a forma mais adequada para o tratamento e uso da água de chuva. As águas analisadas apresentaram valores de turbidez inferiores a 20 uT, o que indica a necessidade de um tratamento simplificado com posterior desinfecção, quando destinada para consumo humano. Com relação à dureza os valores apresentados estão abaixo do valor máximo permitido definido pela Portaria, sendo considerada adequada para ser utilizada em processos industriais, como geração de vapor onde o custo para seu tratamento será bem menor se comparado com águas de superfícies.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água de Chuva, Tratamento, Filtração, Desinfecção.

## INTRODUÇÃO

A demanda de água para o consumo humano é crescente nas grandes regiões metropolitanas, gerando em vários locais, escassez devido a reduzida disponibilidade quantitativa e/ou qualitativa. Por outro lado, durante a ocorrência de chuvas intensas ocorre o excesso de escoamento superficial, gerando inundações de áreas baixas. Para superar o segundo problema, alguns municípios, tem recomendado a retenção das águas provenientes das áreas impermeáveis e o seu aproveitamento para fins não potáveis.

O aumento crescente das áreas impermeáveis nas áreas urbanas tem gerado efeitos nos hidrogramas de cheias, com aumento das vazões de pico e redução do tempo de concentração das áreas de drenagem. A retenção das águas coletadas nas coberturas das edificações e residências constitui-se em importante ação no controle de cheias urbanas (Figura 1), além de diminuir a demanda de água fornecida pelas empresas de saneamento.

O tratamento de água de chuva é justificável para grandes volumes coletados de água. Os telhados maiores geralmente são de empresas que utilizam muita água em seus processos, que poderia ser complementada com esta fonte alternativa. O aproveitamento da água de chuva com tratamento, também pode ser realizado em loteamentos planejados que direcionem toda a água coletada nos telhados para uma única estação de tratamento.

Sperling (1996) cita que em geral a água de chuva é mole (baixa concentração de sais de magnésio e cálcio), sendo ótima para ser usada em processos industriais. Além disso, a água da chuva também é boa para irrigação e utilização em piscinas.

**Figura 1 - Vista aérea de um bairro atingido por constantes inundações.**



Neste sentido, este trabalho procura avaliar a qualidade física, química e microbiológica das águas escoadas nas superfícies dos telhados para dar condições mínimas de qualidade e segurança, visando o seu aproveitamento como fonte alternativa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir é descrito um sistema experimental implantado para captação das águas de chuvas, nos telhados de uma edificação do campus do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau (FURB).

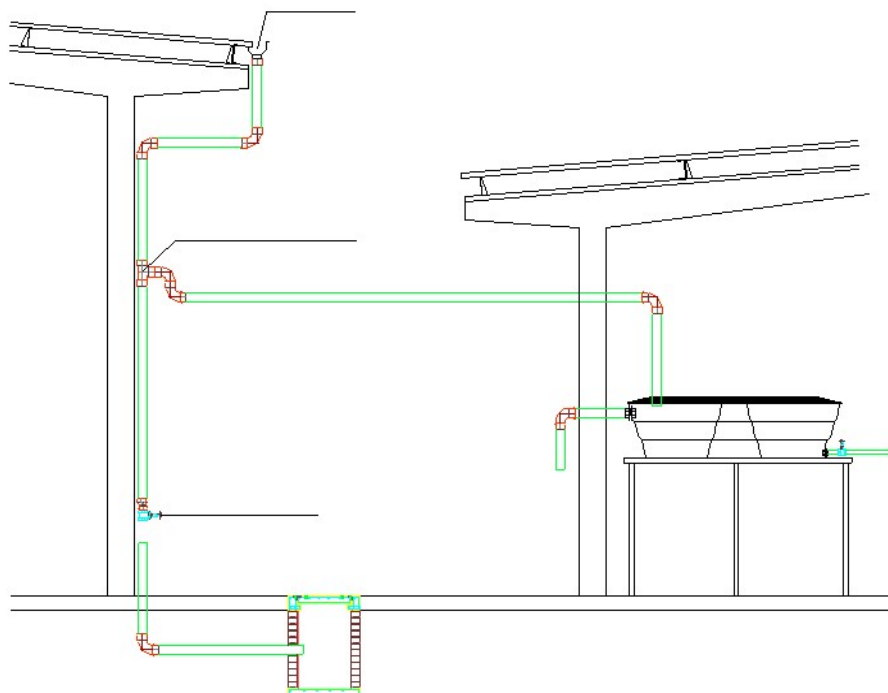
### Sistema de Captação

A água de chuva passará primeiramente por um filtro (tela) para separação dos materiais grosseiros (folhas e gravetos). Depois esta descerá pela tubulação vertical até o redutor de área, onde a água começará a se acumular até uma altura de 2 m. Esta água inicial não será utilizada porque segundo Fendrich (2002), o primeiro milímetro de chuva ou os primeiros 15 minutos são os mais contaminados por lavarem o telhado e os gases atmosféricos. A altura foi determinada com base nas precipitações pluviométricas da região e a área do telhado. O dispositivo redutor possui uma válvula em sua extremidade para fins de limpeza. O excesso de água é levado para fora do sistema através de um ladrão instalado na caixa coletora.

Na Figura 2 é apresentado o esquema do sistema de captação e na Figura 3 são apresentadas às fotos do sistema instalado. A água escoada no telhado escorre para as calhas (a), que por sua vez vai para o condutor. Neste condutor,

existe uma derivação (c) para o bloco H e um sistema de descarte (b) de 20 litros da chuva inicial. A Figura 4 mostra a caixa de coleta desta água (1000 L), com uma saída para transbordamento "ladrão" e uma para o sistema de tratamento.

**Figura 2 – Desenho esquemático do sistema de coleta de água de chuva.**



### **Caracterização da Água Coletada**

As amostras destinadas para a caracterização da água de chuva são coletadas após a saída da caixa d'água conforme indicado na Figura 2. As análises efetuadas são referentes aos meses de setembro, outubro e novembro de 2003 e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

A caracterização das águas da chuva é realizada através dos seguintes parâmetros: pH, alcalinidade total, cloretos, condutividade, cor aparente, dureza total, ferro total, manganês, sílica, temperatura, turbidez, coliformes fecais e totais. As análises físico-químicas foram realizadas pela empresa Nalco Brasil Ltda. e as análises microbiológicas foram realizadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Blumenau (IPTB) da FURB.

A determinação microbiológica de coliformes fecais e totais é realizada principalmente devido à presença de fezes de animais e restos de insetos nos telhados e também porque a Portaria Nº 1469 de 29 de dezembro de 2000 estabelece um valor máximo permitido quando destinada para consumo humano. A utilização da água de chuva tratada sem acompanhamento microbiológico pode influenciar de forma negativa em processos de indústrias que exigem uma qualidade microbiológica mais elevada (Di Bernardo *et al.*, 2002).

Para a realização dos ensaios foram empregadas as técnicas de análise de águas constantes do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

## **RESULTADOS PRELIMINARES**

### **Características físicas, químicas e microbiológicas da água de chuva**

Foram realizadas algumas análises da água de chuva coletada no telhado do Campus II da Furb, e em outras localidades apresentadas a seguir. Os resultados são apresentados na forma de tabela. Observa-se que apresentam elevado teor de turbidez, presença de coliformes totais e fecais, justificando a necessidade de um sistema de tratamento por filtração e desinfecção.

**Tabela 1. Resultado da caracterização da água da chuva referente a saída da caixa d'água.**

| PARÂMETROS                                 | A     | B     | C     | D     | E     | Média         | Desvio Padrão |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|
| pH                                         | 6,60  | 6,82  | 6,40  | 7,15  | 5,60  | <b>6,51</b>   | 0,582         |
| Alcalinidade Total (ppm)                   |       | 12,44 | 12,44 | 14,51 | 16,58 | <b>13,99</b>  | 1,982         |
| Alumínio (ppm)                             |       | ND    | ND    |       |       | ----          | ----          |
| Cloretos. como Cl (ppm)                    |       | 4,23  | 2,80  | 5,64  | 2,82  | <b>3,87</b>   | 1,355         |
| Condutividade ( $\mu$ S.cm <sup>-1</sup> ) |       | 23,90 | 5,80  | 10,00 | 10,41 | <b>12,53</b>  | 7,863         |
| Cor Aparente (ppm PtCo)                    |       | 14,00 | 20,00 | 4,00  | 27,00 | <b>16,25</b>  | 9,742         |
| Dureza Total (ppm)                         | 11,43 | 3,00  | ND    | 7,50  | 2,00  | <b>4,79</b>   | 4,620         |
| Ferro Total. como (ppm)                    |       | 0,09  | 0,24  |       | 0,24  | <b>0,19</b>   | 0,087         |
| Manganês (ppm)                             |       | 0,008 |       |       | 0,007 | <b>0,0075</b> | 0,0007        |
| Sílica. Como SiO <sub>2</sub> (ppm)        |       | 0,548 | 0,100 |       | 0,212 | <b>0,2867</b> | 0,233         |
| Temperatura (°C)                           | 22,60 | 27,00 | 23,00 | 25,00 | 24,00 | <b>24,32</b>  | 1,764         |
| Turbidez (UT)                              | 5,50  | 3,00  | 4,00  | 1,00  | 5,00  | <b>3,70</b>   | 1,789         |
| Coliformes Fecais (NMP/100mL)              |       | 2     |       |       | 17    | <b>9,50</b>   | 10,607        |
| Coliformes Totais (NMP/100mL)              |       | 240   |       |       | 500   | <b>370,00</b> | 183,848       |

**Legenda:** ND = Não Detectável ou Ausente

A = Amostra 01 – Itoupava Seca/ Blumenau

B = Amostra 02 – Itoupava Seca/ Blumenau

C = Amostra 03 – Santa Galo/ Rio do Sul

D = Amostra 04 – Garcia/ Blumenau

E = Amostra 05 – Itoupava Seca/ Blumenau

**Tabela 2. Resultado da caracterização da água da chuva referente ao coletor (Blumenau).**

| PARÂMETROS                                | A           | B                 | Média                                | Desvio Padrão |
|-------------------------------------------|-------------|-------------------|--------------------------------------|---------------|
| PH                                        | 5,85        | 6,35              | <b>6,10</b>                          | 0,354         |
| Alcalinidade Total (ppm)                  | 12,44       | 20,73             | <b>16,58</b>                         | 5,862         |
| Alumínio (ppm)                            | ND          | ----              | ----                                 | ----          |
| Cloretos. como Cl (ppm)                   | 2,82        | 2,82              | <b>2,82</b>                          | 0             |
| Condutividade ( $\mu \text{ S.cm}^{-1}$ ) | 8,20        | 27,60             | <b>17,90</b>                         | 13,718        |
| Cor Aparente (ppm PtCo)                   | 26,00       | 89,00             | <b>57,50</b>                         | 44,548        |
| Dureza Total (ppm)                        | 8,50        | 11,00             | <b>9,75</b>                          | 1,768         |
| Ferro Total. como (ppm)                   | 0,17        | 0,36              | <b>0,265</b>                         | 0,134         |
| Manganês (ppm)                            | 0,022       | 0,025             | <b>0,024</b>                         | 0,002         |
| Sílica. Como $\text{SiO}_2$ (ppm)         | 0,757       | 0,651             | <b>0,704</b>                         | 0,075         |
| Temperatura (°C)                          | 27,00       | 24,00             | <b>25,50</b>                         | 2,121         |
| Turbidez (UT)                             | 5,00        | 15,00             | <b>10,00</b>                         | 7,071         |
| Coliformes Fecais (NMP/100mL)             | 1600        | $2,4 \times 10^4$ | <b><math>1,28 \times 10^4</math></b> | ----          |
| Coliformes Totais (NMP/100mL)             | $\geq 1600$ | $5,0 \times 10^4$ | ----                                 | ----          |

**Legenda:** ND = Não Detectável ou Ausente. A = Amostra 01 B = Amostra 02

O resultado esperado é que após o tratamento simplificado da água de chuva coletada do telhado, a qualidade da água se enquadre dentro dos parâmetros da portaria 1469 e esta seja aceita pela população para consumo. Podendo ser uma nova fonte de abastecimento em um futuro próximo.

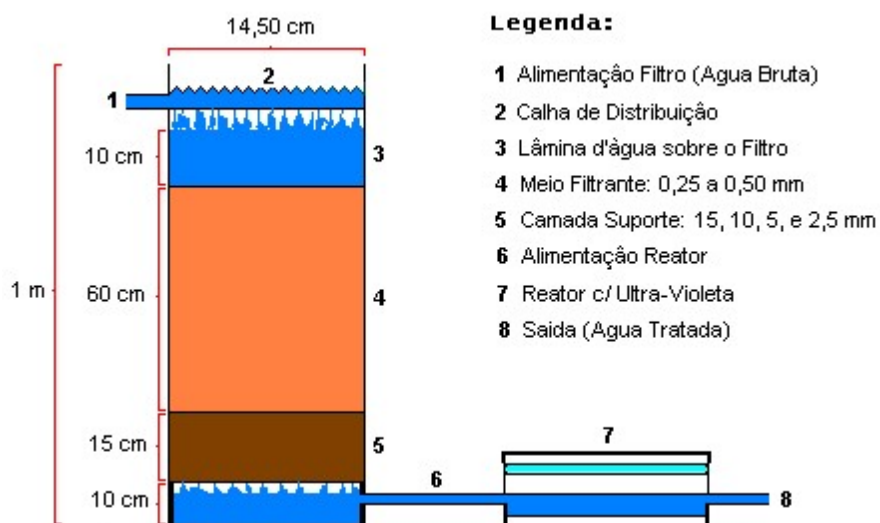
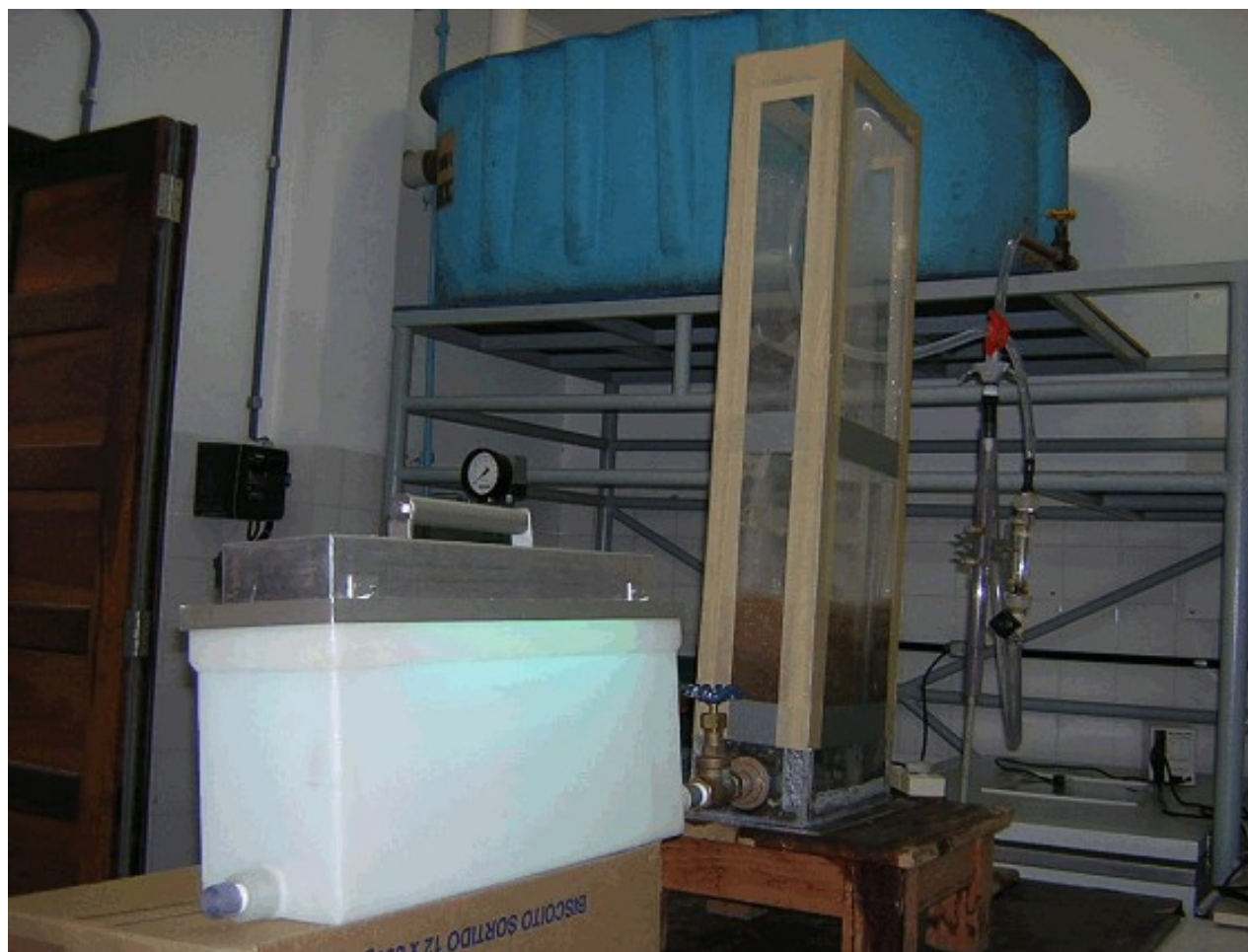
#### Descrição do processo de tratamento

Águas com baixa turbidez ( $<50 \text{ uT}$ ) não requerem tratamento convencional (Sperling, 1996). Com relação à remoção de impurezas o tratamento que está sendo proposto é um típico filtro em escala piloto conforme Figuras 3 e 4. O filtro é caracterizado por seu fluxo descendente e camada filtrante de areia com granulometria variando entre 0,25 e 0,50 mm suportada por uma camada de brita. As vazões são medidas por um rotâmetro que foi disposto antes do filtro. Este compreende vazões entre 7 e 70 L/h e pode ser usado para determinar as diferentes taxas de filtração que serão utilizadas.

A desinfecção tem o objetivo de eliminar os microrganismos patogênicos presentes na água. Dentre os vários processos de desinfecção optou-se pela radiação ultravioleta. Este processo pode ser muito eficaz com relação ao tratamento da água de chuva uma vez que esta apresenta baixa turbidez podendo assim ter resultados satisfatórios na eliminação de vírus, esporos e cistos. A água gerada vai ser consumida no local por isso a desinfecção por ultravioleta parece ser ideal para água de consumo por não deixar efeitos residuais e não havendo rede de distribuição é menor o risco de formação de biofilme. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é a praticidade do método para uma estação compacta. Este requer menos espaço e seu tempo de contato é menor que outros métodos e ainda elimina a necessidade de manuseio, transporte e estocagem de produtos químicos.

A radiação por ultravioleta atua por meio físico, atingindo principalmente os ácidos nucleicos dos microrganismos, promovendo reações fotoquímicas que inativam os vírus e bactérias (DANIEL, 2001). Sua faixa de variação que tem efeito sobre os seres vivos é de 200 a 400 nm sendo o comprimento de onda de 260 nm é o de máxima absorção, no entanto em 254 nm (UV254) é o comprimento de onda relativo à emissão máxima de lâmpadas de baixa pressão de vapor de mercúrio. A intervalo do comprimento de onda compreendido entre 245 nm e 285 nm é considerado a faixa germicida ótima para inativação de microrganismos (GONÇALVES, 2003).

As doses aplicadas em nosso sistema de tratamento estão em torno de  $500 \text{ mW.s/cm}^2$  são suficientes para inativar os microrganismos patogênicos e principalmente as bactérias do grupo coliforme que são necessárias para atender aos padrões de potabilidade da legislação vigente.

**Figura 3 – Sistema de tratamento, filtração e desinfecção por ultra-violeta.****Figura 4 – Fotografia do sistema piloto.**

## CONCLUSÕES

A caracterização das águas escoadas em telhado nos permitiu concluir em relação a sua qualidade física, química e microbiológica. Apesar de apresentar boas características, a água de chuva não pode ser usada para consumo humano sem tratamento. Por ter um turbidez acima do permitido na Portaria 1469 (Tabela 3), essa água deve ser filtrada e por apresentar bactérias do grupo coliforme é justificada uma desinfecção para atender aos padrões de potabilidade.

Fazendo um comparativo entre as características da água analisada do coletor e a da caixa d'água pode-se concluir que existe uma grande diferença de qualidade entre a água que fica no coletor e a que vai para a caixa d'água, principalmente em relação aos parâmetros coliformes, cor, turbidez e sólidos em geral. Os valores de dureza ficaram abaixo dos estabelecidos na portaria 1469, sendo bom para o uso industrial. De um modo geral para todos os usos com um tratamento simplificado a água de chuva escoada em telhados apresenta boas características sendo esta muito indicada para comunidades e regiões com déficit deste recurso que é cada vez mais escasso.

**Tabela 3. Comparativo dos Resultados (saída da caixa d'água e coletor) com a portaria 1469/2000.**

| PARÂMETROS                              | Média<br>Saída<br>Caixa | Média<br>Coletor   | Portaria<br>1469/2000     |
|-----------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|
| pH                                      | 6,51                    | 6,10               | <b>6,0 a 9,5</b>          |
| Alcalinidade Total (ppm)                | 13,99                   | 16,58              | ----                      |
| Alumínio (ppm)                          | ----                    | ----               | <b>0,2</b>                |
| Cloretos. como Cl (ppm)                 | 3,87                    | 2,82               | <b>250</b>                |
| Condutividade ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) | 12,53                   | 17,90              | ----                      |
| Cor Aparente (ppm PtCo)                 | 16,25                   | 57,50              | <b>15</b>                 |
| Dureza Total (ppm)                      | 4,79                    | 9,75               | <b>500</b>                |
| Ferro Total. como (ppm)                 | 0,19                    | 0,265              | <b>0,3</b>                |
| Manganês (ppm)                          | 0,0075                  | 0,024              | <b>0,1</b>                |
| Sílica. Como $\text{SiO}_2$ (ppm)       | 0,2867                  | 0,704              | ----                      |
| Temperatura (°C)                        | 24,32                   | 25,50              | ----                      |
| Turbidez (UT)                           | 3,70                    | 10,00              | <b>5</b>                  |
| Coliformes Fecais (NMP/100mL)           | 9,50                    | $1,28 \times 10^4$ | <b>Ausência em 100 ml</b> |
| Coliformes Totais (NMP/100mL)           | 370,00                  | ----               | <b>Ausência em 100 ml</b> |

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DANIEL, Luiz Antonio. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos : ABES, 2001. xvi, 139p.
2. Di Bernardo, L.; Di Bernardo, A.; Filho, P. L. C. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. Ed. RiMa, São Carlos, 2002.
3. EATON, Andrew, D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. Washington, D.C : APHA, 1995. 1 v.
4. Fendrich, R.; Oliynik, R. **Manual de utilização das águas pluviais**. Livraria do Chain Editora, Curitiba, PR, p. 167,

2002.

5. GONÇALVES, Ricardo Franci. **Desinfecção de efluentes sanitários**. Vitória, ES : ABES, 2003. xvi, 422 p.

6. SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: 2. ed. Belo Horizonte: DESA, 1996. 243 p.