

ROSE FERRAZ CARMO

**VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E VIGILÂNCIA DA QUALIDADE  
DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. DESAFIOS PARA O  
MUNICÍPIO: ESTUDO DE CASO EM BARBACENA-MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C287v  
2005

Carmo, Rose Ferraz, 1978-

Vigilância epidemiológica e vigilância da qualidade da  
água para consumo humano. Desafios para o município :  
estudo de caso em Barbacena-MG / Rose Ferraz Carmo.  
- Viçosa : UFV, 2005.

xxi, 157f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paula Dias Bevilacqua.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 149-153.

1. Epidemiologia. 2. Água - Qualidade - Barbacena  
(MG). 3. Diarréia em crianças. 4. Controle de qualidade da  
água - Barbacena (MG). 5. Abastecimento de água -  
Barbacena (MG). 6. Saúde pública - Barbacena (MG).  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 614.43

**ROSE FERRAZ CARMO**

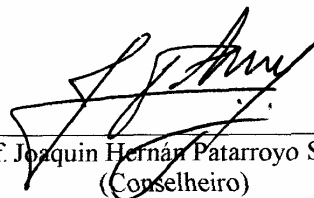
**VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA E VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA  
PARA CONSUMO HUMANO. DESAFIOS PARA O MUNICÍPIO: ESTUDO DE  
CASO EM BARBACENA-MG.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

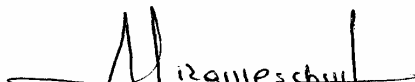
APROVADA: 06 de junho de 2005



Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos  
(Conselheiro)



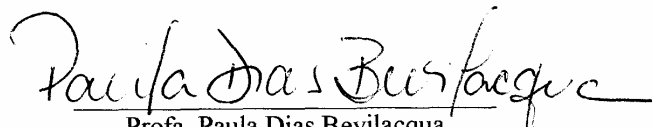
Prof. Joaquin Hernán Patarroyo Salcedo  
(Conselheiro)



Profa. Sylvia do Carmo Castro Franceschini



Profa. Maria Aparecida S. Moreira



Profa. Paula Dias Bevilacqua  
(Orientadora)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e à Lola, por iluminarem meu caminho.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Medicina Veterinária, pela oportunidade de realização do curso.

Aos meus pais, Camila e Romário, pelo apoio incondicional, pelo amor e pela confiança; este trabalho é dedicado a vocês.

Aos meus irmãos, Rachel, Rolf e Denise, pelo carinho de sempre e por acreditarem em mim e no meu trabalho.

Aos cunhados Adailton e Amilton e à minha cunhada, Zhayra, pelo incentivo.

De forma especial agradeço à minha orientadora, professora Paula Dias Bevilacqua, responsável por minha escolha em trabalhar com Saúde Pública e Epidemiologia. Obrigada, não só pela orientação, pelos conselhos, pela paciência, mas também por me incentivar e apoiar sempre. Nossa convivência, bastante pacífica mesmo nos momentos de cansaço e preocupação comuns à etapa final, me ajudaram a amadurecer, a ter postura e humildade como profissional e pessoa.

Ao meu conselheiro, professor Rafael Bastos, pela orientação e pelas sugestões que enriqueceram o trabalho.

Ao professor Joaquin Patarroyo, também meu conselheiro.

Ao Departamento Municipal de Água e Esgoto do município de Barbacena-MG, representado pelo químico José Carlos Machado, pela disponibilização dos dados utilizados nesse trabalho. Igualmente, à Secretaria Municipal de Saúde, sobretudo, ao

Valmir e ao Márcio Heitor. Às enfermeiras e agentes comunitárias do Programa Saúde da Família de Barbacena, por sempre estarem dispostas a ajudar.

À professora Maria de Fátima Lopes e aos colegas da disciplina Teoria Antropológica, por me apresentarem a Antropologia, me despertando para as Ciências Sociais.

Aos amigos de Barbacena, Deise, Carlos Adriano, Marti, Janete, que mesmo distantes sempre me apoiaram.

Às amigas, Tati, Manu e Bia, por estarem sempre ao meu lado. Agradeço também à Adriana, Grazi, Kátia e Glênia, pela amizade e pelo incentivo. À Lílian por compartilhar os momentos mais difíceis e os mais alegres da fase final do mestrado e a D. Rita, pelos cuidados e pelo carinho.

Às novas amigas, Meire e Ana Paula, por “suportarem” minha ansiedade e meu cansaço, foi bom conhecer e ter vocês por perto nessa etapa final.

À Rosi, pela atenção de sempre.

Enfim, agradeço a todos que participaram da realização deste projeto, de forma especial aos professores Paula e Rafael, espero que nosso esforço e nossa dedicação possam contribuir, mesmo que de forma modesta, com o trabalho da Vigilância Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano, e que de alguma forma essa contribuição possa refletir diretamente em melhorias nas condições de saúde da população.

## CONTEÚDO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| LISTA DE FIGURAS .....  | vi            |
| LISTA DE GRÁFICOS .....   | vii           |
| LISTA DE QUADROS .....  | x             |
| LISTA DE TABELAS .....  | xii           |
| RESUMO .....  | xviii         |
| ABSTRACT .....  | xxi           |
| <br>  |               |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 1             |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA.....   | 3             |
| 2.1. Saneamento básico e saúde pública .....  | 3             |
| 2.2. Fatores de risco associados à ocorrência de doença diarreica em<br>crianças menores de dois anos ..... | 8             |
| 2.3. Tratamento e avaliação da qualidade da água para consumo humano .....                                  | 10            |
| 2.4. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano: o<br>papel do município .....          |               |
| 2.5. Uma breve introdução à avaliação de risco .....  | 19            |
| 2.6. Atenção básica em saúde: a atuação do Programa Saúde da Família.....                                   | 22            |
| 3. OBJETIVOS .....  | 24            |
| 3.1. Objetivo geral .....   | 24            |
| 3.2. Objetivos específicos .....  | 24            |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS.....   | 25            |
| 4.1. Delineamento epidemiológico e fontes de informações .....  | 25            |
| 4.2. Descrição da área estudada .....   | 26            |

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 4.3. Área de cobertura do Programa Saúde da Família no município de Barbacena .....  | 27            |
| 4.4. Descrição dos sistemas de abastecimento de água .....   | 29            |
| 4.5. Pontos de coleta e rotina de monitoramento da qualidade da água realizada pelo DEMAÉ.....   | 31            |
| 4.6. Análise dos dados .....   | 32            |
| 4.6.1. Análise dos dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde.....  | 32            |
| 4.6.2. Análise dos dados disponibilizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto .....   | 33            |
| 4.6.3. Análise entre morbidade por diarreia e qualidade da água na rede de distribuição.....   | 36            |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 38            |
| 5.1. Situação de saneamento básico das regiões sanitárias da zona urbana do distrito de Barbacena sob cobertura do PSF.....  | 38            |
| 5.2. Situação de saneamento básico de três distritos do município de Barbacena sob cobertura do PSF.....   | 54            |
| 5.3. Avaliação dos dados relativos ao controle da qualidade da água dos sistemas de abastecimento do município de Barbacena .....  | 70            |
| 5.3.1. Atendimento aos planos de amostragem .....  | 70            |
| 5.3.2. Qualidade da água .....   | 81            |
| 5.3.2.1. Sistema de abastecimento ETA I .....  | 82            |
| 5.3.2.2. Sistema de abastecimento ETA II.....  | 92            |
| 5.3.2.3. Sistema de abastecimento ETA III .....  | 101           |
| 5.3.2.4. Sistema de abastecimento ETA IV .....   | 111           |
| 5.3.2.5. Sistema de abastecimento ETA V .....  | 117           |
| 5.4. Identificação e categorização de perigos associados ao abastecimento de água .....  | 128           |
| 5.5. Caracterização do perfil de morbidade por doenças diarreicas em crianças menores de dois anos, cadastradas no Programa Saúde da Família, município de Barbacena ..... | 136           |
| 5.6. Correlação entre prevalência de diarreia em crianças menores de dois anos e qualidade da água .....   | 140           |
| 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....  | 146           |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 149           |
| APÊNDICES .....  | 154           |
| APÊNDICE A.....  | 155           |
| APÊNDICE B.....  | 156           |
| APÊNDICE C.....  | 157           |

## LISTA DE FIGURAS

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 1 Fatores de risco associados à ocorrência de diarreia estruturados em blocos hierarquizados .....  | 9             |
| 2 Fluxograma representando a hierarquização das atividades inerentes ao PSF.....  | 23            |
| 3 Localização das áreas de cobertura do Programa Saúde da Família e respectivas regiões sanitárias, município de Barbacena-MG, 2004 ..... | 28            |



## LISTA DE GRÁFICOS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1 Número de famílias cadastradas no PSF, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....  | 39            |
| 2 Número de famílias cadastradas no PSF, considerando as localidades permanentemente atendidas no programa, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... | 40            |
| 3 Percentual de famílias cadastradas no PSF com acesso à rede pública de abastecimento de água, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....             | 43            |
| 4 Percentual de famílias cadastradas no PSF abastecidas por água proveniente de poço ou nascente, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....           | 43            |
| 5 Percentual de famílias cadastradas no PSF que utilizam outras formas de abastecimento de água, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....            | 44            |
| 6 Percentual de famílias cadastradas no PSF que tem acesso à rede pública de esgotamento sanitário, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....         | 47            |
| 7 Percentual de famílias cadastradas no PSF que utilizam fossa, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....   | 47            |

|    | <b>Página</b>  |
|----|--|
| 8  | Percentual de famílias cadastradas no PSF que despejam fezes e urina a céu aberto, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 48                 |
| 9  | Percentual de famílias cadastradas no PSF com acesso à coleta pública de lixo, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 50                     |
| 10 | Percentual de famílias cadastradas no PSF que queimam ou enterram o lixo, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 50                          |
| 11 | Percentual de famílias cadastradas no PSF que despeja o lixo à céu aberto, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 52                         |
| 12 | Percentual de famílias cadastradas no PSF que fazem algum tipo de tratamento da água no domicílio, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 53 |
| 13 | Número de famílias cadastradas no PSF, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 55  |
| 14 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, com acesso à rede pública de abastecimento de água, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 58                          |
| 15 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, abastecidas por água proveniente de poço ou nascente, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 59                        |
| 16 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que utilizam outras formas de abastecimento de água, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 59                         |
| 17 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que tem acesso à rede pública de esgotamento sanitário, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 62                      |
| 18 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que utilizam fossa, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 62  |
| 19 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que despejam fezes e urina a céu aberto, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 64                                     |

|    | <b>Página</b>   |
|----|---|
| 20 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, com acesso à rede pública de coleta de lixo, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 66                    |
| 21 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que queimam ou enterram o lixo segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 66                                  |
| 22 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que despejam o lixo à céu aberto, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 67                               |
| 23 | Percentual de famílias cadastradas no PSF, que fazem uso de algum tipo de tratamento da água no domicílio, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 68 |
| 24 | Prevalência anual de diarreia em crianças menores de dois anos cadastradas no PSF, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 139  |
| 25 | Prevalência mensal média de diarreia em crianças menores de dois anos, regiões sanitárias do distrito sede, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 139                   |
| 26 | Prevalência mensal média de diarreia em crianças menores de dois anos, de três distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 140                                      |

## LISTA DE QUADROS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1 Classificação das doenças infecciosas relacionadas com a água, segundo propostas de Bradley (1972) e Feachem (1977) .....  | 5             |
| 2 Classificação das doenças relacionadas com a água segundo GRABOW (2002).....   | 5             |
| 3 Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano .....  | 12            |
| 4 Padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção .....  | 12            |
| 5 Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial .....      | 14            |
| 6 Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial..... | 15            |
| 7 Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.....  | 15            |
| 8 Relação das regiões sanitárias do Programa Saúde da Família e respectivas localidades cobertas, zona urbana, município de Barbacena-MG, 2004 .....   | 29            |

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| 9 Fontes de abastecimento de água e tipo de tratamento nas regiões sanitárias de Barbacena sob cobertura do PSF .....   | 31            |
| 10 Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA I, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....                              | 71            |
| 11 Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA II, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....                             | 71            |
| 12 Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA III, distrito Correia de Almeida, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ... | 71            |
| 13 Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA IV, distrito Padre Brito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....       | 72            |
| 14 Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA V, distrito Senhora das Dores, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....  | 72            |

## LISTA DE TABELAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1 Número de famílias cadastradas no PSF segundo o ano e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....   | 39            |
| 2 Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o abastecimento de água e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....                                     | 41            |
| 3 Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino de fezes e urina e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....                                  | 46            |
| 4 Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino do lixo e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....   | 49            |
| 5 Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo a utilização de algum tratamento da água no domicílio e a região sanitária do PSF, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004..... | 52            |
| 6 Evolução da situação de saneamento básico nas regiões sanitárias pertencentes à zona urbana , município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....   | 53            |
| 7 Número de famílias cadastradas no PSF segundo o ano e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....   | 55            |

|    | <b>Página</b>   |    |
|----|---|----|
| 8  | Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o abastecimento de água e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....  | 57 |
| 9  | Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino de fezes e urina e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....                                       | 61 |
| 10 | Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino do lixo e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....  | 65 |
| 11 | Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo a utilização de algum tratamento da água no domicílio e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....            | 68 |
| 12 | Evolução da situação de saneamento básico nos três distritos analisados, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....   | 69 |
| 13 | Verificação do atendimento ao plano mínimo de amostragem, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA I, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....                                   | 73 |
| 14 | Verificação do atendimento ao plano mínimo de amostragem, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA II, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....                                  | 74 |
| 15 | Verificação do atendimento ao plano mínimo de amostragem, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA III, distrito Correia de Almeida, município de Barbacena, março de 2002 a dezembro de 2003..... | 75 |
| 16 | Verificação do atendimento ao plano de amostragem mínimo, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA IV distrito Padre Brito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....             | 78 |
| 17 | Verificação do atendimento ao plano de amostragem mínimo, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA V, distrito Senhora das Dores, Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....                    | 79 |
| 18 | Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004.....         | 83 |
| 19 | Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004.....  | 85 |

|    | <b>Página</b>  |
|----|--|
| 20 | Percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004 . 86  |
| 21 | Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004 ..... 88  |
| 22 | Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004..... 89  |
| 23 | Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004..... 90   |
| 24 | Resultados dos testes de correlação entre variáveis de qualidade da água, estudadas para rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 91  |
| 25 | Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004 ..... 93                                   |
| 26 | Estatística descritiva dos dados de turbidez ,saída do tratamento, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004 ..... 94  |
| 27 | Percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez , saída do tratamento, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004 ..... 95  |
| 28 | Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004..... 97  |
| 29 | Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, ETA II, março de 2002 a março de 2004 ..... 98  |
| 30 | Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004 ..... 99   |
| 31 | Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água, estudadas para rede de distribuição, ETA II, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 ..... 100   |
| 32 | Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003 ..... 102 |



|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 33 Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003.....  | 104           |
| 34 Percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003 .....  | 105           |
| 35 Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003 .....                      | 106           |
| 36 Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a março de 2004 .....                    | 108           |
| 37 Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade , rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a março de 2004 .....                  | 109           |
| 38 Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água, estudadas para rede de distribuição, ETA III, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....                                    | 110           |
| 39 Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004 ..... | 112           |
| 40 Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004 .....  | 114           |
| 41 Percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004.....  | 115           |
| 42 Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade ,rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004.....                                  | 116           |
| 43 Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004 .....                            | 118           |
| 44 Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004 .....                           | 119           |

|    | <b>Página</b>   |     |
|----|---|-----|
| 45 | Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água, estudadas para rede de distribuição, ETA III, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....  | 120 |
| 46 | Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004..... | 121 |
| 47 | Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004 .....   | 122 |
| 48 | Percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004 .....  | 123 |
| 49 | Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade ,rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004 .....                                | 124 |
| 50 | Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004 .....                           | 126 |
| 51 | Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004 .....                          | 127 |
| 52 | Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água na rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004 .....  | 128 |
| 53 | Categorização dos perigos no sistema de abastecimento ETA I, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....  | 131 |
| 54 | Categorização dos perigos no sistema de abastecimento ETA II, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....   | 132 |
| 55 | Categorização dos perigos no sistema de abastecimento ETA III, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....  | 133 |
| 56 | Categorização dos perigos no sistema de abastecimento ETA IV, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004 .....   | 134 |

|    | <b>Página</b>  |     |
|----|--|-----|
| 57 | Categorização dos perigos no sistema de abastecimento ETA V, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....  | 135 |
| 58 | Prevalência média de diarreia em crianças menores de dois anos, regiões sanitárias do distrito sede, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....  | 138 |
| 59 | Prevalência média de diarreia em crianças menores de dois anos, de três distritos do município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.....  | 138 |
| 60 | Correlação entre prevalência de diarreia e atendimento ao plano mínimo de amostragem, para os parâmetros coliformes totais, turbidez e cloro residual livre, município de Barbacena, zona urbana, março de 2002 a março de 2004.....                       | 141 |
| 61 | Correlação entre prevalência de diarreia e atendimento ao plano mínimo de amostragem, para os parâmetros coliformes totais, turbidez e cloro residual livre, município de Barbacena, zona rural, março de 2002 a março de 2004.....                        | 142 |
| 62 | Correlação entre prevalência de diarreia em crianças menores de dois anos e variáveis relacionadas à qualidade da água distribuída pelos sistemas de abastecimento ETA I e ETA II, município de Barbacena, zona urbana, março de 2002 a março de 2004..... | 144 |

## RESUMO

CARMO, Rose Ferraz, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2005.  
**Vigilância epidemiológica e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Desafios para o município: estudo de caso em Barbacena-MG.**  
Orientadora: Paula Dias Bevilacqua. Conselheiros: Rafael Kopschitz Xavier Bastos e Joaquin Hernán Patarroyo Salcedo.

A relação entre qualidade da água e a ocorrência de agravos já é bastante conhecida. Nesse sentido, a distribuição de água segura para consumo humano, isto é, que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação e que não ofereça risco à saúde, é fundamental para a manutenção da saúde da população. Na atuação da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para Consumo Humano, preconiza-se, com respaldo legal na Portaria MS nº 518/2004, o desenvolvimento de estudos de avaliação de risco que integrem as informações levantadas pela própria Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano, pela vigilância epidemiológica e as fornecidas pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água. O presente estudo objetivou demonstrar o potencial de desenvolvimento, no âmbito do município, das atribuições da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano, procurando, a partir da perspectiva de avaliação de risco, identificar perigos relacionados ao abastecimento de água e demonstrar a existência de associação entre os perigos identificados e a ocorrência de doenças diarreicas na população. Foram utilizados dados secundários relativos ao período de março de 2002 a março de 2004, disponibilizados pelo

Departamento Municipal de Água e Esgoto (DEMAE), referentes ao monitoramento da qualidade da água tratada e distribuída por cinco diferentes sistemas de abastecimento e dados disponibilizados pelo Departamento Municipal de Saúde Pública (DEMASP), referentes às condições de saneamento e ocorrência de diarreia em crianças menores de dois anos cadastradas no Programa Saúde da Família (PSF). Os dados epidemiológicos trabalhados se referiram a seis regiões sanitárias de atuação do PSF no distrito sede de Barbacena (Carmo, Funcionários, Grogotó, Santa Cecília, Santa Efigênia e Vilela) e a três distritos pertencentes ao município (Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora das Dores). Os sistemas de abastecimento estudados foram denominados ETA I e ETA II, responsáveis pelo abastecimento do distrito sede, ETA III, ETA IV e ETA V que abastecem respectivamente os distritos Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora das Dores. Os pontos de coleta das amostras utilizadas neste estudo foram os reservatórios de distribuição localizados junto às ETAs e pontos das redes de distribuição. Os dados foram trabalhados a partir de técnicas de epidemiologia descritiva e de testes estatísticos de correlação. Dados referentes ao monitoramento da água foram utilizados para identificação e categorização de perigos associados ao abastecimento de água para cada sistema estudado, tendo como referência o Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano, com modificações. Com relação às condições de saneamento básico, o município de Barbacena apresentou, de maneira geral, boa cobertura, sendo as regiões sanitárias Carmo e Vilela e o distrito Senhora das Dores os que apresentaram os menores percentuais de acesso a esses serviços. Todos os sistemas de abastecimento analisados apresentaram problemas no atendimento ao plano mínimo de amostragem e no atendimento ao padrão de potabilidade preconizado pela legislação. Considerando os perigos identificados, foi proposta uma categorização dos sistemas de abastecimento estudados: apenas a ETA II foi considerada como em situação de perigos menores ou inexistentes, enquanto todos os outros sistemas foram categorizados em situação de alerta máximo, perigos acentuados (ETA I, ETA III, ETA IV, ETA V). Os resultados indicam a necessidade de um monitoramento mais adequado da qualidade da água e de ajustes no controle operacional do tratamento da água. A prevalência de diarreia em crianças menores de dois anos durante o período de estudo alcançou os maiores valores na região Funcionários (7,79%) e no distrito Senhora das Dores (4,12%). Não houve diferença estatisticamente significativa entre a ocorrência de diarreia nas regiões sanitárias e nos distritos ( $\chi^2 = 3,19$ ;  $p = 0,074$ ). Não detectamos comportamento sazonal

na ocorrência de diarreia em nenhuma das regiões estudadas, o que provavelmente se deve ao curto período de estudo, que pode ter comprometido a análise temporal dos dados. As análises de correlação entre a ocorrência de diarreia entre crianças menores de dois anos e variáveis relacionadas à qualidade da água demonstraram resultados inconstantes, o que não exime a água distribuída da responsabilidade pela transmissão de agravos, haja vista os nítidos problemas de controle da qualidade da água detectados nos sistemas de abastecimento estudados. O esforço empreendido na sistematização dos dados de monitoramento da água distribuída permitiu a construção de um bom histórico sobre o controle da qualidade da água para consumo humano. A proposição e aplicação de uma metodologia de avaliação de sistemas de abastecimento de água considerando a identificação e categorização de perigos associados e incorporando importantes elementos da Avaliação de Risco trouxe subsídios importantes para a atuação da Vigilância junto aos responsáveis pelo abastecimento de água.

## ABSTRACT

CARMO, Rose Ferraz, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July 2005.  
**Epidemiologic surveillance and drinking water quality surveillance. Challenges for the municipality. Case study in Barbacena – Minas Gerais state.** Adviser: Paula Dias Bevilacqua. Committee members: Rafael Kopschitz Xavier Bastos and Joaquin Hernán Patarroyo Salcedo.

The relation between drinking water quality and diseases occurrence is already well known. In this sense, supplying safe water, that is, which matches the standards established by the legislation and does not represent any human health risk, is crucial to ensure the population's health. Amongst the activities of the Environmental Surveillance related to drinking water quality, the Brazilian legislation points to the development of risk evaluation studies, getting together information obtained by the surveillance health services (Environmental and Epidemiological) and those obtained from the water suppliers (water quality control). The present study aimed to demonstrate the potential for fully developing, in local basis, the Drinking Water Quality Surveillance duties, trying from a risk evaluation perspective, to identify drinking water related hazards and demonstrate the association between the identified hazards and the occurrence of diarrhea diseases. The data used in this study included (March 2002 to March 2004): (i) treated water quality of five water supply systems monitored by the Barbacena Municipal Water and Sewage Department (DEMAE) (ii) sanitary conditions and diarrhea occurrence amongst children under two years old recorded in the Family Health Program (PSF), and available from the Municipal Public

Health Department (DEMASP). The epidemiological data referred to six sanitary regions covered by the PSF (Carmo, Funcionários, Grogotó, Santa Cecília, Santa Efigênia e Vilela) and, from three districts (Correia de Almeida, Padre Brito and Senhora das Dores). The water supply systems studied were named (i) ETA I and ETA II in the main district; (ii) ETA III, ETA IV and ETA V, supplying the districts of Correia de Almeida, Padre Brito and Senhora das Dores, respectively. The water sampling sites were the distribution reservoirs located next to the water treatment plants (ETAs) and points along the distribution network. The data treated using descriptive Epidemiology techniques and correlation statistical tests. Also, the data were used to identify and classify associated hazards to each water supply systems studied based on the Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano, with modifications. In general, Barbacena showed a good sanitary infrastructure (water supply and sanitation), being the sanitary regions of Carmo de Vilela and Senhora das Dores those with less services coverage. None of the water supply systems fully matched the minimal sampling requirements or attended the water drinking standards establish by the brazilian legislation. Based on the obtained results, a ranking of the water supply health related hazards is proposed. Only ETA II system was classified as of low hazard, whereas all the others would be in a category of high hazard (ETA I, ETA III, ETA IV, ETA V). The results pointed out the need for a better water quality monitoring and treatment control. The diarrhea prevalence amongst children under two years old during the studied period reached higher values in the Funcionários region (7,79%) and in the Senhora das Dores District (4,12%). There was no statistically significant difference between the diarrhea occurrence in the sanitary regions and in the districts ( $\chi^2 = 3,19$ ;  $p = 0,074$ ). No seasonal pattern was detected in the diarrhea occurrence in any of the regions studied, probably due to the short study period. The results of the correlation analyzes between diarrhea occurrence amongst children under two years old and water quality variables were not much consistent. However it does not exempt the water supply from the possibility of diseases transmission, given the detected problems of water quality control problems. Finally this work demonstrates the powerful possibilities of treating together the water quality and epidemiological datas obtainable from the Health Surveillance and Water Supply Services, including a proposal for the classification of water supply system health related hazards. It is hoped that such a proposal can be further tested and eventually validated as a useful tool for the day to day Water Quality Surveillance activities.



## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água para consumo humano é aspecto fundamental no controle e na prevenção de inúmeras doenças infecto-contagiosas, bem como, de agravos relacionados à ingestão de produtos/substâncias químicas presentes na água naturalmente ou introduzidas devido a atividades humanas ou, ainda, devido aos processos de tratamento utilizados para potabilização da água. Adicionalmente, a ocorrência de bio-agentes patogênicos na água tratada e sua associação com surtos de doenças têm sido questão amplamente estudada e, em menor ou maior grau, caracterizada por pesquisadores no âmbito nacional e internacional.

Nesse sentido, o conhecimento detalhado e sistemático da qualidade da água consumida deve ser entendido como condição essencial à manutenção da saúde da população. No Brasil, o acesso da população ao abastecimento de água aumentou, entre 1980 e 2000, 46%, entretanto, o percentual da população abastecida em 2000 (76%) ainda não se configura em patamar ideal (BRASIL, 2004). De forma complementar, o abastecimento da população ilustrado pelos dados anteriores, não garante a qualidade adequada da água consumida.

Como parte do esforço de buscar não somente a ampliação do abastecimento de água, mas também a avaliação mais efetiva da qualidade da água distribuída, o Ministério da Saúde elaborou o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) devendo assegurar benefícios à saúde, garantindo à população acesso à água em quantidade, qualidade e custo acessível. Segundo o Programa, as atividades previstas devem se dar sobre todas e

quaisquer formas de abastecimento de água coletivas ou individuais, na área urbana ou rural, de gestão pública ou privada, incluindo as instalações intradomiciliares como também nos mananciais, no sentido de preservar a qualidade da água para consumo humano.

Na implementação das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, destacamos a criação do sistema de informações sobre qualidade da água para consumo humano (SISAGUA) e a publicação da Portaria MS nº 518/2004, em substituição à Portaria GM nº 36/1990, que estabelece os procedimentos e a responsabilidade relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O Vigiagua ressalta também, com respaldo legal na Portaria MS nº 518/2004, a importância dos profissionais responsáveis pela vigilância da qualidade da água trabalharem rotineiramente com a identificação e caracterização de riscos potenciais associados ao abastecimento e consumo da água. Nesse sentido, estabelece a necessidade de se desenvolverem estudos sistemáticos de avaliação de risco que busquem integrar as informações fornecidas pelo controle da qualidade da água e aquelas levantadas pelos serviços de vigilância de modo a contribuir com a adoção de medidas corretivas e preventivas. No primeiro caso, citam-se informações sobre os sistemas de abastecimento e o respectivo controle operacional e séries históricas de informações sobre a qualidade da água, e na área da vigilância, os coeficientes de morbi-mortalidade por doenças relacionadas com a água de consumo na população, entre as quais se destacam as doenças diarreicas.

Na medida em que ainda não existe concluído um modelo de análise integrada entre os dados produzidos pelo controle e vigilância da qualidade da água, foi objetivo deste trabalho realizar pesquisa envolvendo a estruturação e avaliação de banco de dados relativo a ambos os serviços. Este estudo teve como cenário o município de Barbacena, Minas Gerais, tendo sido trabalhadas informações disponibilizadas pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DEMAE), relativos ao monitoramento da água distribuída/consumida no município, e pelo Departamento Municipal de Saúde Pública (DEMASP) da Secretaria Municipal de Saúde, referentes à ocorrência de diarreia em crianças menores de dois anos e às condições de saneamento básico das famílias cadastradas no Programa Saúde da Família (PSF). Como parte da proposta, procurou-se analisar os dados na perspectiva de avaliação de risco, identificando-se perigos relacionados ao abastecimento de água e a existência de associação entre os perigos identificados e a ocorrência de doenças diarreicas na população.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Saneamento básico e saúde pública**

A relação entre a qualidade da água destinada ao consumo humano e a ocorrência de agravos à saúde é reconhecida desde as mais antigas culturas. Segundo Heller (1997), existem relatos de tradições médicas na Índia, datadas do ano 2000 a.C., onde se recomendava que a água impura devia ser purificada pela fervura sobre um fogo, pelo aquecimento ao sol, mergulhando um ferro em brasa, ou ainda ser purificada por filtração em areia ou cascalho, e então resfriada.

Em 1842, Edwin Chadwick, citado por Merhy (1987), realizou o “Inquérito Sanitário das Condições da População Trabalhadora da Inglaterra”, no qual demonstrava a relação entre a presença das doenças e as precárias condições de moradia, falta de esgotos, ausência de água limpa, falhas na remoção e no tratamento do lixo etc.

Outro exemplo, recorrentemente citado, é o clássico estudo de John Snow, sobre a origem das epidemias de cólera em Londres no período de 1849-1854. Este médico inglês, de forma pioneira, mas não sem contestação, logrou incriminar o consumo da água poluída como responsável pelos episódios da doença e traçar os princípios de prevenção e controle de novos surtos, válidos ainda hoje, mas fixados em uma época muito anterior ao isolamento do respectivo agente etiológico (SNOW, 1999).

Em 1972, o professor David Bradley, em um livro sobre o abastecimento de água na África Oriental, organiza os agravos de veiculação hídrica de acordo com os

mecanismos de transmissão, introduzindo, assim, um novo olhar na classificação das doenças, priorizando a relação destas com o meio ambiente e não apenas sua etiologia, ou seja, se associada a um vírus, protozoário ou bactéria. O autor reúne os microrganismos patogênicos, e as respectivas doenças, transmitidos através da água de consumo no grupo dos agravos ligados à qualidade da água; os agravos atribuíveis à falta de água para a higiene pessoal e doméstica constituem o grupo ligado à falta de água em quantidade e Bradley completa o modelo com duas categorias: a transmissão baseada na água, que abrange as parasitoses que passam por um hospedeiro aquático, como a esquistossomose, e a transmissão por meio de vetores que se multiplicam na água, como a dengue (CAIRNCROSS, 1997).

Bradley demonstrou que dentre as doenças infecciosas de veiculação hídrica, as duas primeiras categorias constituíam a maioria (90%), desde os pontos de vista de mortalidade, de casos de indivíduos hospitalizados ou, até mesmo, de todos os pacientes atendidos em postos de saúde, sendo acometidos, principalmente, indivíduos menores de dois anos, por diarreia (CAIRNCROSS, 1997).

O modelo de Bradley, entretanto, não distingue nitidamente diferenças entre os agravos incluídos nas categorias 1 e 2, dificultando a identificação de ações de intervenção específicas para o controle dos mesmos. Posteriormente, Feachem, citado por Cairncross (1997), faz uma distinção entre as categorias propostas por Bradley, ao individualizar os mecanismos de transmissão do tipo fecal-oral (transmissão indireta) e por contato direto (transmissão direta mediata) (Quadro 1).

Mais recentemente, Grabow (2002) discute os termos ‘doenças associadas com a água’ e ‘doenças relacionadas com a água’, propondo ser o segundo mais abrangente e englobador dos agravos que, de alguma forma, dependem da água para representar risco à saúde das populações (Quadro 2).

Independentemente da classificação que se busque contextualizar, as doenças diarreicas assumem relevante importância dentre as doenças infecciosas relacionadas com a água. Apesar das significativas mudanças no perfil epidemiológico da morbimortalidade infantil, devido à difusão da Terapia de Reidratação Oral (BITTENCOURT *et al.*, 2002; KALE *et al.*, 2004), e em grande parte devido à ampliação dos serviços de saneamento básico, sobretudo o aumento do número de domicílios abastecidos com água (BRASIL, 2004) a diarreia infantil continua sendo uma das principais causas de consultas e hospitalização de menores de cinco anos nos países em desenvolvimento (MENEZES *et al.*, 1996; ALDMAN *et al.*, 1997; SILVA *et*

Quadro 1 – Classificação das doenças infecciosas relacionadas com a água, segundo propostas de Bradley e Feachem

| Via de Transmissão              | Descrição  | Exemplos  |
|---------------------------------|--|---|
| Ligada à qualidade da água      | Transmissão pela água de beber:<br>Mecanismo fecal-oral                  | Diarréias bacterianas: cólera, febre tifóide; febre paratifóide<br>Diarréias não-bacterianas: hepatite A, poliomielite, giardíase, disenteria amebiana, ascaridíase |
| Por falta de água em quantidade | Transmissão de pessoa a pessoa por falta de higiene pessoal e doméstica: |   |
|                                 | Mecanismo fecal-oral   | Diarréias bacterianas: cólera, febre tifóide; febre paratifóide<br>Diarréias não-bacterianas: hepatite A, poliomielite, giardíase, disenteria amebiana, ascaridíase |
|                                 | Mecanismo pessoa-pessoa (contato direto)                                 | Infecções na pele e nos olhos: tracoma, tifo, pediculose, escabiose   |
| Baseada na água                 | Transmissão por meio de um hospedeiro aquático                           | Esquistossomose   |
| Vetor ligado à água             | Transmissão por meio de insetos que se multiplicam na água               | Dengue; malária   |

Fonte: adaptado de Cairncross (1997).

Quadro 2 – Classificação das doenças relacionadas com a água segundo Grabow (2002)

| Classificação  | Descrição  | Exemplos  |
|--|--|---|
| Doenças microbianas de origem hídrica                                  | Doenças ou agravos relacionados ao consumo de água contendo patógenos, usualmente presentes devido à contaminação da água por fezes humanas ou animais | Diarréias bacterianas: cólera, febre tifóide; febre paratifóide<br>Diarréias não-bacterianas: hepatite A, poliomielite, giardíase, disenteria amebiana, ascaridíase |
| Intoxicações (aguda e crônica) por produtos químicos de origem hídrica | Doenças ou agravos relacionados ao consumo de água contendo produtos químicos perigosos (tóxicos)  | Agravos de caráter agudo: diarreia, vômito, náuseas<br>Agravos de caráter crônico: neoplasias<br>Substâncias químicas orgânicas e inorgânicas                       |
| Doenças relacionadas à higiene   | Doenças ou agravos cuja incidência, prevalência ou gravidade podem ser reduzidas pelo uso de água potável (segura) na higiene pessoal ou doméstica     | Tracoma, tifo, pediculose, escabiose  |
| Doenças relacionadas com o contato primário com a água                 | Doenças ou agravos causados pelo contato da pele e, ou, mucosas com água contaminada com microrganismos patogênicos ou produtos químicos perigosos     | Esquistossomose, leptospirose   |
| Doenças relacionadas a vetores   | Doenças ou agravos relacionados a vetores cujo ciclo de vida ocorre, todo ou em parte, no ambiente aquático ou em suas adjacências                     | Dengue, febre amarela, malária  |
| Doenças relacionadas a aerossóis                                       | Doenças ou agravos relacionados à inalação de aerossóis contendo microrganismos patogênicos  | Legionelose (doença dos legionários)  |

Fonte: adaptado de Grabow (2002).

*al.*, 1999; VÁZQUEZ *et al.*, 1999; BENICIO *et al.*, 2000; SOUZA *et al.*, 2002), alcançando incidências superiores a dez episódios por criança por ano (BENICIO *et al.*, 2000).

No Brasil, a universalização da cobertura dos serviços de saneamento básico se encontra longe de ser alcançada, sendo sua distribuição desigual em grande parte responsável pela manutenção da incidência elevada da doença diarréica entre menores de cinco anos (BRASIL, 2004).

Dados dos Censos Demográficos de 1980 e 2000 demonstram as disparidades do setor, de acordo com a situação da população, urbana e rural, além de desigualdades regionais. Segundo esses dados, a cobertura com rede geral de abastecimento de água foi ampliada na área urbana, com proporção da população atendida variando de 75% em 1980 para 89% em 2000; já na área rural a variação foi de 4% em 1980 para 18% em 2000. Entretanto, o acesso à rede de abastecimento de água não garante a qualidade da água recebida, existindo, ainda, diversas regiões onde não existem ou são poucos os dados sobre a qualidade da água consumida ou onde a intermitência no abastecimento obriga a população a recorrer a formas alternativas de armazenamento, impondo riscos potenciais à saúde (BRASIL, 2004).

Os serviços de esgotamento sanitário apresentaram um incremento insignificante de cobertura para a população rural no período de 1980 a 2000, variando apenas de 1% para 3%. Na área urbana, para o mesmo período, apesar do importante aumento de cobertura, passando de 36% para 54%, o acesso aos serviços permanece precário. É importante ainda ressaltar que mais de 50% dos domicílios brasileiros ainda não dispõem de coleta de esgoto sanitário e, apenas 8% do esgoto coletado recebe tratamento (BRASIL, 2004).

Quanto à população coberta por serviços de coleta de lixo registra-se um aumento de 27% entre 1991 e 2000, sendo praticamente todos os domicílios urbanos cobertos por esse serviço, o que não se observa na área rural (BRASIL, 2004).

A população coberta por rede de abastecimento de água aumentou 46% entre os anos de 1980 e 2000, sendo os maiores percentuais de cobertura encontrados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em média 76% para o ano de 2000; já as regiões Norte e Nordeste apresentaram os piores percentuais, com uma média de apenas 56%. Situações similares são observadas com relação à coleta de resíduos sólidos e rede de esgotamento sanitário. As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste apresentaram uma média percentual de cobertura em 2000 de 84% e 44% com relação à coleta de lixo e ao esgotamento

sanitário respectivamente; nas regiões Norte e Nordeste as médias foram de apenas 57 e 14% (BRASIL, 2004).

Essa situação precária do setor de saneamento traz conseqüências sérias para a qualidade de vida e saúde da população, traduzidas no aumento da importância de enfermidades já controladas e, ou, no ressurgimento de outras já erradicadas, além de revelar o descompasso entre desenvolvimento econômico e o quadro da saúde pública. É importante salientar que investimentos em saneamento têm um efeito direto na redução dos gastos públicos com serviços de saúde. Segundo a Fundação Nacional de Saúde, para cada um real investido no setor de saneamento economiza-se quatro reais na área de medicina curativa (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999).

A associação entre as condições de saneamento básico e a ocorrência de doenças diarreicas, sobretudo em crianças, tem sido demonstrada por diversos autores a partir de estudos com delineamentos diferenciados. Waldman *et al.* (1997) ao estudarem o comportamento das gastroenterites em crianças menores de cinco anos residentes em São Paulo destacam que as crianças cujos domicílios não dispunham de instalações sanitárias e água encanada apresentaram um risco relativo de 4,5 em relação àquelas cujos domicílios eram cobertos por esses serviços de saneamento. De forma semelhante, Vázquez *et al.* (1999) estudando a incidência e fatores de risco para diarreia em crianças menores de cinco anos em comunidades urbanas de Pernambuco nos meses de abril-maio de 1992 e 1994 observaram correlação inversa entre a existência no domicílio de algum tipo de esgotamento sanitário e incidência de diarreia, com significância estatística de  $p < 0,01$ .

Melhorias no saneamento básico de uma região têm efeito direto sobre a saúde da população. Esta correlação foi observada por Ludwig *et al.* (1999) em um inquérito coparasitológico realizado na cidade de Assis-SP, entre os anos de 1990 e 1992 onde a redução dos casos de enteroparasitoses coincidiu com o aumento das ligações de água e esgoto em todo o município. Benicio *et al.* (2000) estudaram a evolução da doença diarreica em São Paulo através da comparação entre dois inquéritos conduzidos no período de abril de 1984 a junho de 1985 e setembro de 1995 a agosto de 1996 respectivamente. Os autores destacam que com a quase universalização do acesso ao abastecimento de água e com o substancial aumento da cobertura da rede de esgoto na cidade no período avaliado, houve redução da prevalência da doença diarreica infantil em 9%.

O impacto do saneamento na morbi-mortalidade infantil por doenças diarreicas é estudado por vários autores (ESREY *et al.*, 1991; BALTAZAR *et al.*, 2002; MARTINS

*et al.*, 2002) e demonstrado na Pesquisa Nacional de Amostragem por Domicílios (PNAD) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1999. Segundo essa pesquisa, para o Brasil como um todo, enquanto a mortalidade nessa faixa etária de residentes em domicílios adequados, se situava em torno de 23,7 por mil nascidos vivos (no período médio de 1995 a 1999), para os que residiam em domicílios inadequados, este índice foi de 48,6. Esses dados comprovam a utilidade do saneamento básico como indicador econômico e social e sua importância nas análises de situação de saúde, em especial a saúde infantil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003).

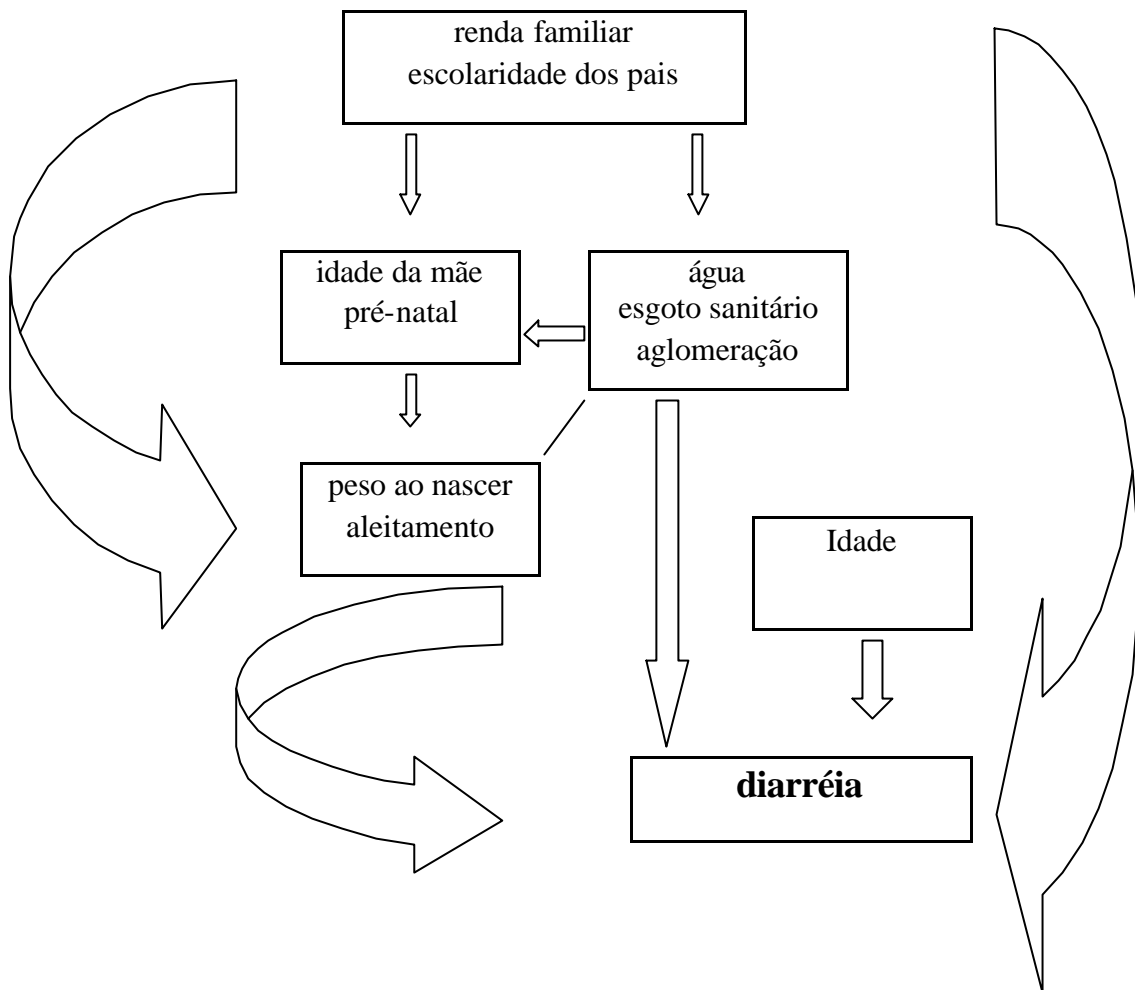
## **2.2. Fatores de risco associados à ocorrência de doença diarreica em crianças menores de dois anos**

Além das condições de saneamento, outros fatores têm sido apontados como determinantes dos quadros de morbimortalidade por doença diarreica em crianças menores de cinco anos. Somente um modelo de multicausalidade pode explicar satisfatoriamente a ocorrência de episódios diarreicos, pois a relevância de cada fator envolvido está relacionada com as características da população envolvida (SILVA *et al.*, 2004). Por exemplo, desigualdades na distribuição dos serviços de saneamento básico podem determinar a ocorrência de diferentes incidências da doença diarreica em populações situadas em uma mesma área geográfica (SOUZA *et al.*, 2002).

Através de uma abordagem hierarquizada Fuchs *et al.* (1996) avaliam os fatores de risco associados à ocorrência de diarreia (Figura 1), agrupando as variáveis em características socioeconômicas (renda, escolaridade dos pais), ambientais (disponibilidade de água e de esgotamento sanitário, aglomeração no domicílio), reprodutivas maternas (idade da mãe, acompanhamento médico durante o período pré-natal), nutricionais (peso da criança ao nascer, amamentação) e demográficas (idade da criança).

Vários autores (BENICIO *et al.*, 2000; VANDERLEI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2004) utilizam o modelo hierarquizado para avaliar a associação entre os fatores de risco acima citados e a ocorrência de episódios diarreicos em crianças. Segundo esse modelo, a ocorrência da diarreia é determinada pelo grau de exposição a enteropatógenos e a suscetibilidade do organismo infantil. Nesse contexto, a renda familiar está estreitamente relacionada com a ocorrência de diarreia, não como causa direta, mas como determinante, já que expõe a criança a situações de risco, haja vista





Fonte: adaptado de Fuchs *et al.* (1996).

Figura 1 – Fatores de risco associados à ocorrência de diarreia estruturados em blocos hierarquizados.

que mães carentes raramente fazem o acompanhamento médico pré-natal, o que, associado ao seu estado nutricional deficiente resulta no nascimento de crianças com baixo peso, sendo este um fator de risco para a morbi-mortalidade durante toda a infância, sobretudo no primeiro ano de vida (VÁZQUEZ *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2004).

Além disso, mães pertencentes a classes sociais menos favorecidas apresentam baixo nível de escolaridade, em geral engravidam precocemente e estão menos aptas a identificar o risco de doença para seus filhos, de compreender a importância de informações como práticas de higiene e aleitamento materno (SILVA *et al.*, 2004) e de procurar oportunamente os serviços de saúde (VANDERLEI *et al.*, 2003).

A renda familiar também está associada com a aglomeração de pessoas, o que somado às condições geralmente insalubres dos domicílios, com sistemas de

abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados, favorece a contaminação do ambiente onde vive a criança.(FUCHS *et al.*, 1996).

Apesar dos estudos que correlacionam a exposição das crianças à fatores de risco com a ocorrência de diarreia apresentarem diferentes delineamentos e trabalharem com diferentes populações e realidades, muitas vezes impedindo a comparação dos dados, constituem ainda sim uma rica fonte de informações, orientando o estabelecimento de prioridades e dando respaldo às ações corretivas e preventivas que devem ser implementadas.

### **2.3. Tratamento e avaliação da qualidade da água para consumo humano**

O tratamento da água para consumo humano tem como objetivo principal a eliminação de possíveis fontes de transmissão de doenças: organismos patogênicos e substâncias químicas. Além disso, através do tratamento consegue-se melhorar as características estéticas e organolépticas da água tornando-a, além de segura, atrativa para o consumo.

As estações de tratamento de água (ETA) utilizam, de forma geral, as etapas de clarificação e desinfecção para a remoção/inativação de organismos patogênicos. A clarificação tem como objetivo remover partículas em suspensão através da combinação dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração. A desinfecção é realizada, principalmente, através de produtos à base de cloro e tem como finalidade a inativação de organismos patogênicos eventualmente presentes na água.

A avaliação de parâmetros físico-químicos e biológicos permite aferir se a água distribuída atende ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS nº 518/2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), sendo um dos instrumentos utilizados para garantir o abastecimento da população com uma água que não ofereça riscos à saúde.

Devido à dificuldade de se proceder ao isolamento rotineiro de organismos patogênicos de amostras ambientais, os indicadores microbiológicos de contaminação são prioritariamente utilizados para a avaliação da eficiência do tratamento da água destinada ao consumo humano. Segundo Bastos *et al.* (2000), o emprego dos indicadores deve satisfazer aos seguintes requisitos: i) ausência simultânea de indicadores e patogênicos na água tratada; ii) presença dos indicadores no efluente tratado em concentrações tais que assegurem a ausência dos patogênicos; e iii) similaridade entre as taxas e, ou, mecanismos de remoção/decaimento dos indicadores e

patogênicos. As bactérias do grupo coliforme (coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*) constituem os indicadores clássicos utilizados na avaliação da eficiência do tratamento da água, por reunir, em parte, as características acima citadas.

De acordo com Bastos *et al.* (2000), em termos gerais, em ordem crescente de resistência aos agentes desinfetantes apresentam-se as bactérias, os vírus, os protozoários e os helmintos. No tratamento da água, bactérias e vírus são inativados pela ação de agentes desinfetantes, enquanto protozoários e helmintos são, preponderantemente, removidos por filtração, apresentando elevada resistência à inativação pelo cloro. Dessa forma, os coliformes seriam adequados apenas como indicadores da remoção de bactérias, não sendo suficientes como indicadores da qualidade virológica e parasitológica da água tratada. Nestes casos, torna-se necessário o recurso a indicadores complementares não-biológicos, como o cloro residual pós-desinfecção e a turbidez pós-filtração e, ou, pré-desinfecção.

A turbidez, como parâmetro indicador de remoção de partículas em suspensão por meio da filtração, tem demonstrado boa aplicabilidade não só pela boa associação de sua remoção com a de protozoários por meio da filtração (NIEMINSKI & ONGERTH, 1995; ALLEN *et al.*, 2000; HSU & YEH, 2003), como também pelo custo reduzido e simplicidade analítica (BASTOS *et al.*, 2001). A turbidez da água pré-desinfecção, precedida ou não de filtração, é também um parâmetro de controle da eficiência da desinfecção, no entendimento de que partículas em suspensão podem proteger os microrganismos da ação do desinfetante (WHO, 1996).

Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que a água destinada ao consumo humano deve apresentar, para que não ofereça risco à saúde, estão regulamentados na Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

A Portaria preconiza, ainda, que para a garantia da qualidade microbiológica da água devem ser observados o padrão microbiológico de potabilidade (Quadro 3) e o padrão de turbidez para a água após a filtração ou pré-desinfecção (Quadro 4).

Quadro 3 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

| Parâmetro  | VMP <sup>(1)</sup>   |
|--|--|
| Água para consumo humano <sup>(2)</sup>                              |  |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup> | Ausência em 100 ml   |
| Água na saída do tratamento  |  |
| Coliformes totais  | Ausência em 100 ml   |
| Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)       |  |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup> | Ausência em 100 ml   |
| Coliformes totais  | Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês.<br>Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 ml. |

Notas: (1) valor máximo permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Fonte: Ministério da Saúde (2004).

Quadro 4 - Padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção

| Tratamento da Água   | VMP <sup>(1)</sup>                        |
|--|---|
| Desinfecção (água subterrânea)                             | 1,0 uT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras |
| Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) | 1,0 uT <sup>(2)</sup>                     |
| Filtração lenta  | 2,0 uT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras |

Notas: (1) valor máximo permitida; e (2) unidade de turbidez.

Fonte: Ministério da Saúde (2004).

Vale ressaltar que a Portaria MS nº 518/2004 incorpora em seu § 2º, Artigo 12, o conceito da utilização da turbidez não apenas como um parâmetro de aceitação pelo consumidor, mas também como indicador da qualidade sanitária da água, estabelecendo que:

*Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de Giardia sp e oocistos de Cryptosporidium sp, recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 uT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 uT.*

No mesmo sentido, a Portaria discorre sobre os parâmetros de controle da desinfecção adequados à inativação de vírus (Art. 13):

*Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos”.*

Os critérios reconhecidos internacionalmente como indicadores da remoção protozoários são (BASTOS *et al.*, 2002):

- Remoção/inativação conjunta, por meio da filtração-desinfecção, de 99,9% (3 log) de cistos de *Giardia*: turbidez da água filtrada inferior a 0,5 uT para a filtração rápida e 1,0 uT para a filtração lenta (2,5 log de remoção), complementada por desinfecção adequada para inativação equivalente a 0,5 log, controlada pelo tempo de contato, residual de cloro livre e temperatura.

- Remoção de 99% (2,0 log) de oocistos de *Cryptosporidium*: turbidez da água filtrada inferior a 0,3 uT para a filtração rápida e 1,0 uT para a filtração lenta.

No processo de atualização da legislação brasileira, em face de argumentos de ordem prático-econômica, acabou-se por manter o referido padrão em 1,0 uT, acompanhado de uma recomendação enfática de se buscar 0,5 uT como meta. Os critérios mais flexíveis adotados para a filtração lenta, prendem-se ao fato da reconhecida maior eficiência destas unidades na remoção de patogênicos (BASTOS *et al.*, 2002).

Mesmo que o tratamento seja adequado, a água pode se deteriorar ao longo da distribuição. A identificação de *E. coli* no sistema de distribuição é um sinal inequívoco de recontaminação ou falhas no tratamento e, por medida de segurança, assim também deve ser interpretada a detecção de coliformes termotolerantes. Por isso, na avaliação da qualidade da água distribuída requer-se a ausência sistemática de *E. coli* ou coliformes termotolerantes. Já o isolamento de coliformes totais, embora não guarde uma relação exclusiva com recontaminação de origem fecal, serve como indicador da integridade do sistema de distribuição. Águas insuficientemente tratadas (por exemplo, sem a garantia de residual de cloro), ou infiltrações podem permitir o acúmulo de sedimentos ou matéria orgânica e promover o desenvolvimento de bactérias no sistema de distribuição, incluindo aquelas do grupo coliforme que não *E. coli* ou termotolerantes. Portanto, a detecção eventual de coliformes totais no sistema de distribuição, em um percentual das

amostras analisadas (em geral, admitido um limite de 5%), não necessariamente é indicativa de contaminação, embora sinalize falhas no sistema (BASTOS *et al.*, 2000).

A Portaria MS nº 518/2004 estabelece também os planos mínimos de amostragem (Quadros 5, 6 e 7), estabelecendo que “os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema” (Artigo 18).

Quadro 5 – Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

| Parâmetro                        | Tipo de Manancial          | Saída do Tratamento (Número de Amostras por Unidade de Tratamento) | Sistema de Distribuição (Reservatórios e Rede) |                         |                                |
|----------------------------------|----------------------------|--|--|-------------------------|--------------------------------|
|                                  |                            |  | População Abastecida                           |                         |                                |
|                                  |                            |  | <50.000 hab.                                   | 50.000 a 250.000 hab.   | > 250.000 hab.                 |
| Cor<br>Turbidez<br>pH            | Superficial                | 1  | 10   | 1 para cada 5.000 hab.  | 40 + (1 para cada 25.000 hab.) |
|                                  | Subterrâneo                | 1  | 5  | 1 para cada 10.000 hab. | 20 + (1 para cada 50.000 hab.) |
| CRL <sup>(1)</sup>               | Superficial                | 1  | (Conforme § 3º do artigo 18)                   |                         |                                |
|                                  | Subterrâneo                | 1  |  |                         |                                |
| Fluoreto                         | Superficial ou Subterrâneo | 1  | 5  | 1 para cada 10.000 hab. | 20 + (1 para cada 50.000 hab.) |
| Cianotoxinas                     | Superficial                | 1<br>(Conforme § 5º do artigo 18)                                  | -  | -                       | -                              |
| Trihalometanos                   | Superficial                | 1  | 1 <sup>(2)</sup>                               | 4 <sup>(2)</sup>        | 4 <sup>(2)</sup>               |
|                                  | Subterrâneo                | -  | 1 <sup>(2)</sup>                               | 1 <sup>(2)</sup>        | 1 <sup>(2)</sup>               |
| Demais parâmetros <sup>(3)</sup> | Superficial ou Subterrâneo | 1  | 1 <sup>(4)</sup>                               | 1 <sup>(4)</sup>        | 1 <sup>(4)</sup>               |

Notas: (1) cloro residual livre; (2) 3 amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição; (3) apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial; e (4) dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Fonte: Ministério da Saúde (2004).

Quadro 6 – Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

| Parâmetro                         | Tipo de Manancial          | Saída do Tratamento (Frequência por Unidade de Tratamento) | Sistema de Distribuição (Reservatórios e Rede) |                          |                          |
|-----------------------------------|----------------------------|--|--|--------------------------|--------------------------|
|                                   |                            |  | População Abastecida                           |                          |                          |
|                                   |                            |  | <50.000 hab.                                   | 50.000 a 250.000 hab.    | > 250.000 hab.           |
| Cor<br>Turbidez<br>pH<br>Fluoreto | Superficial                | A cada 2 horas   | Mensal   | Mensal                   | Mensal                   |
|                                   | Subterrâneo                | Diária   |  |                          |                          |
| CRL <sup>(1)</sup>                | Superficial                | A cada 2 horas   | (Conforme § 3º do artigo 18)                   |                          |                          |
|                                   | Subterrâneo                | Diária   |  |                          |                          |
| Cianotoxinas                      | Superficial                | Semanal (Conforme § 5º do artigo 18)                       | -  | -                        | -                        |
| Trihalometanos                    | Superficial                | Trimestral   | Trimestral                                     | Trimestral               | Trimestral               |
|                                   | Subterrâneo                | -  | Anual  | Semestral                | Semestral                |
| Demais parâmetros <sup>(2)</sup>  | Superficial ou Subterrâneo | Semestral  | Semestral <sup>(3)</sup>                       | Semestral <sup>(3)</sup> | Semestral <sup>(3)</sup> |

Notas: (1) cloro residual livre; (2) apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial; e (3) dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Fonte: Ministério da Saúde (2004).

Quadro 7 – Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida

| Parâmetro         | Sistema de Distribuição (Reservatórios e Rede) |                      |                               |  |
|-------------------|--|----------------------|-------------------------------|--|
|                   | População Abastecida                           |                      |                               |  |
|                   | < 5.000 hab.                                   | 5.000 a 20.000 hab.  | 20.000 a 250.000 hab.         | > 250.000 hab.                                 |
| Coliformes totais | 10   | 1 para cada 500 hab. | 30 + (1 para cada 2.000 hab.) | 105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000 |

Nota: na saída de cada unidade de tratamento devem ser coletadas, no mínimo, duas amostras semanais, recomendando-se a coleta de, pelo menos, quatro amostras semanais.

Fonte: Ministério da Saúde (2004).

## **2.4. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano: o papel do município**

De acordo com a Portaria MS nº 518/2004, a Vigilância da qualidade da água para o consumo humano é uma atribuição da autoridade de saúde pública do município. Seus objetivos são: verificar se a água consumida pela população atende aos padrões preconizados pela legislação e avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana. Já o controle da qualidade da água para consumo humano é exercido pelo(s) responsável(is) pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, com o intuito de verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição.

Os responsáveis por todo sistema ou solução alternativa, que forneçam água coletivamente para consumo humano, deverão obrigatoriamente exercer o controle sistemático da qualidade da água, o que inclui, genericamente e dentre outras atividades: i) promover as boas práticas no abastecimento de água; ii) manter e controlar a qualidade da água, desde o manancial até o consumo; iii) reportar-se em periodicidade definida a autoridade de saúde pública para fins de comprovação de atendimento à legislação; e iv) garantir a adequada informação ao público consumidor (BASTOS *et al.*, 2001).

A Portaria MS nº 518/2004 em seu Artigo 2º estabelece que: “toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”.

Por conseguinte, no planejamento das atividades de vigilância deve-se procurar abranger todas as formas de abastecimento e consumo de água em um determinado contingente populacional.

A vigilância da qualidade da água para consumo humano é uma atribuição do setor saúde, sendo as ações de vigilância inseridas no Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde (SINVAS), instituído pela Portaria GM nº 1.399, de 15 de dezembro de 1999. Seu modelo de atuação baseia-se nas diretrizes orientadoras do Sistema Único de Saúde (SUS), estabelecidas na Constituição Federal de 1988 e regulamentada pela Lei nº 8.080/1990 ou Lei Orgânica da Saúde.

Dentre os princípios e diretrizes do SUS que devem nortear as ações da vigilância da qualidade da água para o consumo humano destacam-se os seguintes: i) essencialidade e igualdade no acesso à água, entendendo-se que o acesso à água em



quantidade suficiente e qualidade adequada é fundamental à vida humana e deve ser disponibilizada para todos sem preconceitos ou privilégios de qualquer espécie; e ii) participação da comunidade e divulgação de informações à população sobre dados de qualidade da água e possíveis riscos inerentes ao seu consumo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003).

Além desses princípios, a “descentralização político-administrativa, com direção única em cada esfera do governo” com “ênfase na descentralização dos serviços para os municípios” (inciso IX, art. 7º, Lei nº 8.080/1990), garante aos gestores de saúde autonomia para conduzir as ações de vigilância da qualidade da água para o consumo humano, assim como as ações de saúde como um todo, de acordo com a realidade local, priorizando as atividades preventivas e a participação da comunidade.

Os procedimentos e responsabilidades relativos à vigilância da qualidade da água para consumo humano, nas esferas federal, estadual e municipal, são estabelecidos na Portaria MS nº 518/2004 e no Modelo de Atuação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (que estabelece os princípios e diretrizes, as bases conceituais e gerenciais, bem com as ações necessárias para sua implementação e concretização por meio de um Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano – Vigiagua).

As atividades básicas (cotidianas) de vigilância são exercidas pelo Município, cabendo ao nível central (União) a definição de diretrizes gerais e à União e ao Estado o papel de exercício “complementar da vigilância em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação municipal, nos termos da regulamentação do SUS” (Portaria MS nº 518/2004).

Com base nestes dois documentos (Portaria MS nº 518/2004 e Modelo de Atuação), dentre as diversas ações inerentes à vigilância da qualidade da água para consumo humano, citam-se:

- o cadastro e a inspeção das diversas formas de abastecimento e consumo de água;
- a implementação de um plano de amostragem da qualidade da água; e
- a sistemática e permanente avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre:
  - a) a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas;
  - b) as características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água;

c) o histórico da qualidade da água produzida e distribuída; e

d) a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema.

- a classificação do grau de risco à saúde das diferentes formas de abastecimento de água, com base na atuação pró-ativa da vigilância (cadastro, inspeções e monitoramento da qualidade da água) e na sistematização de informações;

- auditar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas;

- as investigações de surtos e epidemias;

- a sistematização e a análise integrada das informações reunidas pela vigilância e fornecidas pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água, assim como pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população;

- a criação e alimentação de um sistema de informações, cuja análise regular, em conjunto com a vigilância (ambiental, sanitária e epidemiológica) e com outros sistemas de informações (pertinentes à saúde e à qualidade da água), permite a identificação de fatores de risco e populações vulneráveis, ou seja, expostas ao risco (consumo de água);

- a atuação junto aos responsáveis pelo fornecimento de água para correção de situações de risco identificadas;

- garantir à população informações sobre a qualidade da água e riscos à saúde associados; e

- desenvolvimento de atividades educativas e de mobilização social.junto à população.

Cabe ressaltar que a vigilância da qualidade da água para consumo humano deve ser efetuada sobre todas as formas de abastecimento de água (coletivas ou individuais na área urbana e rural, de gestão pública ou privada), do manancial até o ponto de consumo e incluindo as instalações intradomiciliares. Nota-se, aqui, o princípio da integralidade das ações, também caro ao SUS.

Deve-se ainda destacar a importância de se desenvolverem estudos sistemáticos de avaliação de risco que busquem integrar as informações fornecidas pelo (ou obtidas junto ao) controle da qualidade da água (exemplo: informações sobre os sistemas de abastecimento e o respectivo controle operacional, séries históricas de informações sobre a qualidade da água) e aquelas levantadas pelos serviços de vigilância, como por exemplo, incidência, prevalência e mortalidade por doenças relacionadas com a água de consumo na população.

No que diz respeito às informações recebidas pela Vigilância de parte dos responsáveis pelo controle de qualidade da água, encontram-se padronizados em nível nacional os modelos de relatórios a serem enviados mensalmente. Nestes constam informações sintetizadas sobre a qualidade da água na saída do tratamento e no sistema de distribuição, incluindo dados de turbidez, cloro residual, coliformes e fluoretos (número de amostras realizadas, número de amostras fora do padrão, valores médios, máximos e, ou, mínimos).

Entretanto, como ressaltam Bastos *et al.* (2003), no âmbito municipal, a vigilância deve estender sua ação de análise de informações para além do mero recebimento de relatórios mensais e alimentação do Sistema Nacional de Informações de Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua). Dessa forma será possível a melhor sistematização dos dados em séries históricas e espaciais, facilitando a avaliação das situações de risco e de vulnerabilidade dos sistemas e de abastecimento de água.

Nesse contexto, na busca da melhoria dos serviços de abastecimento de água é fundamental a interação entre os setores de saúde, meio ambiente e saneamento, além da priorização de ações com base em indicadores epidemiológicos e ambientais obtidos, e, ou construídos no exercício cotidiano da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano.

## **2.5. Uma breve introdução à avaliação de risco**

A Portaria MS nº 518/2004, ao recomendar que se avalie a vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população, indica a necessidade de uma avaliação holística do processo de abastecimento desde a captação até ao consumo, identificando potenciais riscos à que a população possa ser exposta e possibilitando o estabelecimento de medidas corretivas e preventivas.

O conceito de risco incorpora a existência de associação entre uma exposição e um determinado efeito. No caso em estudo, o abastecimento de água, incluindo aspectos quantitativos e qualitativos, caracteriza a exposição, enquanto a ocorrência de agravos na população (exemplo, óbito, doenças ou incapacidade) os efeitos (BEVILACQUA *et al.*, 2002).

É importante a distinção entre risco e perigo, enquanto risco está associado à probabilidade de ocorrência de um efeito, perigo é uma característica intrínseca de uma substância ou de uma situação. Por exemplo, uma água para consumo humano que contenha agentes patogênicos caracteriza um perigo, enquanto seu fornecimento à população traz um risco, que pode ser quantificado e expresso em termos de probabilidade (BEVILACQUA *et al.*, 2002).

A Avaliação de Risco (AR) compreende uma metodologia que consiste na caracterização e estimativa, quantitativa ou qualitativa, de potenciais efeitos adversos à saúde devido à exposição de indivíduos e populações a fatores de risco (físicos, químicos e agentes microbianos, ou situações), o que, portanto, inclui a identificação de perigos. Esta metodologia não é utilizada de forma isolada, mas é parte integrante do que atualmente é denominado Análise de Risco, que além da Avaliação de Risco, engloba, o Gerenciamento de Risco e a Comunicação de Risco (HAAS *et al.*, 1999).

A utilização da metodologia de Avaliação de Risco pressupõe quatro etapas fundamentais: i) a identificação do perigo; ii) a avaliação da dose-resposta; iii) a avaliação da exposição; e iv) a caracterização do risco.

- *Identificação do perigo*

A existência de exploração agrícola na bacia de contribuição do manancial, a descarga de efluentes de esgoto doméstico ou de agroindústrias no manancial, falhas no tratamento da água, rupturas de rede de abastecimento são exemplos de *perigo (hazard) ou fatores de risco*, pois podem comprometer a qualidade da água. O ponto crucial desta etapa é a identificação do agente envolvido e a definição se o agente em questão é responsável por efeitos adversos à saúde humana. A identificação de um perigo pode ser associada à ocorrência aumentada ou inédita de casos de doenças na população, sendo que o correto diagnóstico das doenças em questão pode auxiliar a identificação do agente. Esta etapa compreende uma avaliação do conhecimento disponível e a descrição de efeitos adversos à saúde, crônicos ou agudos, associados com um determinado agente (situação, físico, químico ou microbiano).

- *Avaliação da dose-reposta*

Uma vez caracterizado o perigo e identificado o agente associado, há que se avaliar o potencial que tem o agente de causar resposta em diversos níveis de exposição.

Para determinados agentes, a definição da dose que causa algum efeito adverso é estabelecida a partir de estudos experimentais, desenvolvidos principalmente em animais. Em outros casos são utilizadas informações de estudos epidemiológicos.

- *Avaliação da exposição*

Esta etapa compreende a determinação do tamanho e a caracterização da população exposta, bem como a definição da(s) rota(s), quantidade e duração da exposição. Procura-se, portanto, não apenas a identificação, mas a quantificação do agente presente na água, o que pode revelar-se um problema se sua distribuição na água for errática e sua concentração muito baixa.

- *Caracterização do risco*

A caracterização do risco integra os resultados obtidos nas etapas de identificação do perigo, avaliação da dose-resposta e avaliação da exposição, gerando informações tanto de natureza qualitativa quanto quantitativa. A partir do conhecimento da dose do agente (quantidade presente na água) e do consumo de água, pode-se determinar, através de modelos matemáticos, o risco de determinado agravo resultante da ingestão de determinado volume de líquido contendo uma quantidade conhecida do agente por unidade de volume para uma ou mais exposições. Pretende-se estimar a magnitude do problema de saúde e subsidiar as estratégias de gerenciamento de risco. Como destacado, a Avaliação de Risco é parte de um processo mais amplo, o da Análise de Risco, que envolve as seguintes etapas:

- *Gerenciamento de Risco*: corresponde ao processo de controlar os riscos, ponderando alternativas e selecionando as ações apropriadas, levando em consideração as informações levantadas na Avaliação de Risco, e informações diversas, como de engenharia, econômicas, legais e políticas;

- *Comunicação de Risco*: refere-se à comunicação do risco às autoridades públicas e à comunidade em geral; deve considerar a percepção da população e utilizar linguagem adequada para difusão de informação científica.

A Avaliação Quantitativa de Risco é empregada no estabelecimento do padrão de potabilidade para substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) que representam risco à saúde. Mais recentemente, tem-se procurado estendê-la para a caracterização e a prevenção de riscos microbiológicos. Nos EUA, por exemplo, admite-se um risco anual

de infecção de 1:10.000 ( $10^{-4}$ ) para os diversos organismos patogênicos transmissíveis via abastecimento de água para consumo humano (HAAS *et al.*, 1999). Para este nível de risco, a concentração, por exemplo, de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* na água tratada teria de ser, no máximo e respectivamente, de  $6,9 \times 10^{-6}/L$  e  $3,27 \times 10^{-5}/L$ .

Em que pesem as limitações do emprego por completo da metodologia de Avaliação e Análise de Risco (BEVILACQUA *et al.*, 2002), no exercício rotineiro do controle e da vigilância da qualidade da água é possível e recomendável à incorporação das etapas de identificação de perigo, do gerenciamento e comunicação de risco.

## **2.6. Atenção básica em saúde: a atuação do Programa Saúde da Família**

Com o objetivo de reorganizar a prática de atenção em saúde o Ministério da Saúde criou em 1994 o Programa Saúde da Família (PSF), que representa a substituição do modelo tradicional de assistência orientado para a cura das doenças por um modelo que prioriza a atenção primária, incorporando as estratégias de atuação do SUS, universalização, descentralização, integralidade e participação da comunidade.

As equipes do PSF apresentam caráter multiprofissional, sendo constituídas por, no mínimo, um médico, um enfermeiro, um auxiliar de enfermagem e de quatro a seis agentes comunitários de saúde (ACS). A Unidade de Saúde da Família, representada pelos Postos de Saúde, são o ponto de referência para o atendimento e responsável pelo cadastramento e acompanhamento da população adscrita à sua área territorial. Os profissionais de saúde realizam visitas periódicas aos domicílios cadastrados, o que permite a busca ativa de agravos, além de contribuir para criação de vínculos entre esses profissionais e a população atendida, facilitando a identificação e o atendimento aos problemas de saúde da população.

A área de atuação de um ACS corresponde ao espaço geográfico delimitado onde residem de 400 a 750 pessoas, sendo denominado de microárea; já o conjunto de microáreas contíguas sob a responsabilidade de uma equipe de saúde da família e onde residem em torno de 2.400 a 4.500 pessoas, recebe a denominação de área (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

Durante as visitas e atendimentos nos Postos de Saúde os ACS são responsáveis pelo preenchimento de fichas de cadastro e acompanhamento da situação de saúde de cada família. Esses dados são consolidados em relatórios mensais sob a supervisão de

um dos profissionais de nível superior e, então, enviados para a Secretaria Municipal de Saúde que irá abastecer o Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB) (Figura 2). É importante ressaltar que o SIAB foi criado para atender a demanda do PSF e gerenciar as informações obtidas junto à comunidade.

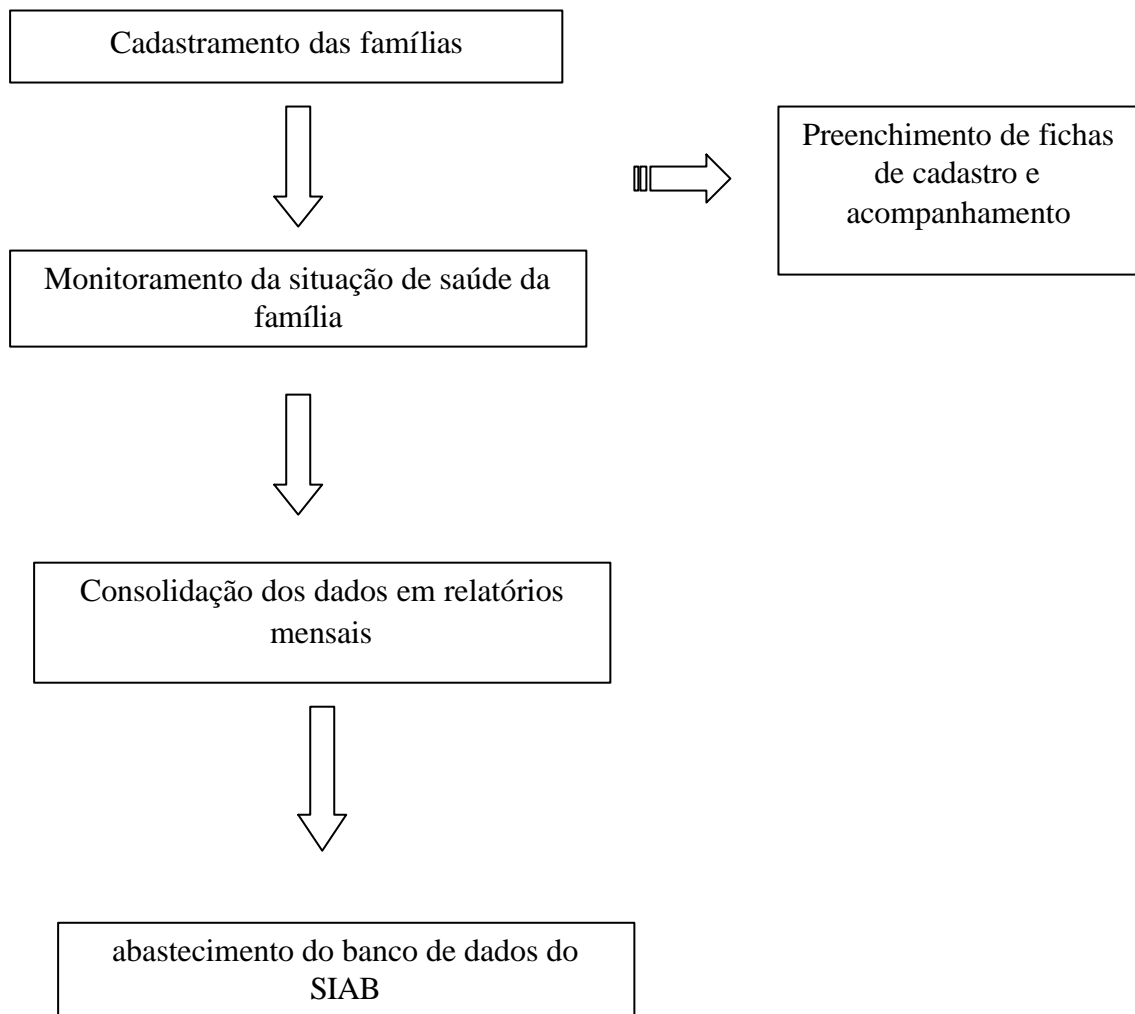


Figura 2 – Fluxograma representando a hierarquização das atividades inerentes ao PSF.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo geral**

Demonstrar, a partir de um estudo de caso, o potencial de desenvolvimento, no âmbito do Município, das atribuições da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Sistematizar e analisar de forma integrada as informações reunidas pela vigilância e fornecidas pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população.

- Fornecer subsídios para a criação e alimentação de um sistema de informações, cuja análise regular, em conjunto com a vigilância (ambiental, sanitária e epidemiológica) e com outros sistemas de informações (pertinentes à saúde e à qualidade da água), permita a identificação de perigos e populações vulneráveis.

- Verificar a existência de associação entre variáveis de saneamento e a ocorrência de doença diarréica em crianças menores de dois anos.



## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Delineamento epidemiológico e fontes de informações**

Para verificar a existência de associação entre variáveis de saneamento e ocorrência de doença diarréica em crianças menores de dois anos, expostas a cinco diferentes tipos de sistema de abastecimento público de água no período de março de 2002 a março de 2004, foi realizado um estudo do tipo ecológico. Foram utilizados dados secundários disponibilizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DEMAE) e pelo Departamento Municipal de Saúde (DEMASP) do município de Barbacena.

Os dados referentes à ocorrência de diarreia em crianças menores de dois anos por diarreia em menores de um ano, assim como os dados sobre as condições de saneamento básico, foram cedidos pelo DEMASP e dizem respeito à população coberta pelo Programa Saúde da Família (PSF).

Os dados fornecidos pelo DEMASP fazem parte do banco de dados do Sistema de Atenção Básica em Saúde (SIAB) do município de Barbacena, que através do PSF realiza o cadastramento e acompanhamento da saúde de famílias sobre sua área de cobertura.

Para a alimentação do banco de dados do SIAB, são coletadas informações sobre as famílias cadastradas a partir de vários instrumentos de coletas de dados. Especificamente para este estudo, foram trabalhados dados coletados a partir da utilização de dois destes instrumentos, descritos a seguir:

- Ficha A: referente ao cadastro da família contendo informações sobre características demográficas (por exemplo, sexo, idade, ocupação de cada integrante da

família, dentre outras), situação da moradia e saneamento (por exemplo, tipo de casa, abastecimento de água, destino do lixo, dentre outras) e outras informações de caráter geral (Apêndice A).

- Relatório da Situação de Saúde e Acompanhamento (SSA2): relatório sobre a situação de saúde e acompanhamento das famílias por equipe do PSF (Apêndice B).

A partir do consolidado dessas informações, obtido no SIAB, foram trabalhadas as seguintes variáveis: número de famílias cadastradas, abastecimento de água, destino de fezes e urina, destino do lixo, tratamento da água no domicílio (Apêndice A), casos de crianças menores de dois anos que tiveram diarreia (Apêndice B). Vale ressaltar que apesar de diferentes estudos sobre morbidade infantil por diarreia considerarem a faixa etária de menores de cinco anos como população de referência (WALDMAN *et al.*, 1997; VÁZQUEZ *et al.*, 1999; KALE *et al.*, 2004), a opção por se trabalhar com menores de dois anos em nosso estudo se deu em função da notificação dos casos de diarreia pelo PSF incluir apenas essa faixa etária.

Já os dados sobre a qualidade da água de consumo foram disponibilizados pelo DEMAÉ e fazem parte da rotina do controle da qualidade realizado por essa instituição.

#### **4.2. Descrição da área estudada**

A área estudada correspondeu ao município de Barbacena, pertencente à microrregião geográfica de Barbacena, com uma área de aproximadamente 3.257 km<sup>2</sup>. Barbacena está localizada na região central de Minas Gerais, na Serra da Mantiqueira, a 1.160 m de altitude e a 170 km de Belo Horizonte.

O clima da região é subtropical, com temperatura média máxima anual de 24°C e média mínima de 13 °C. Com uma população estimada em 114.126 habitantes (IBGE, 2001), sua economia baseia-se na agricultura, com ênfase nos hortifrutigranjeiros, flores e pecuária.

O município de Barbacena é composto, atualmente, por treze distritos administrativos: Barbacena (que corresponde ao distrito sede), Colônia Rodrigo Silva, Correia de Almeida, Costas da Mantiqueira, Faria, Galego, Mantiqueira do Palmital, Padre Brito, Pinheiro Grosso, Ponte do Cosme, Ponto Chique do Martelo, São Sebastião dos Torres e Senhora das Dores.

No presente trabalho, foram utilizados dados dos distritos de Barbacena, Padre Brito, Correia de Almeida e Senhora das Dores, pela disponibilidade de informações

referente à qualidade da água de abastecimento e por terem o Programa Saúde da Família (PSF) estruturado. Segundo o Censo Demográfico de 2000, os dados de população urbana destes distritos são, respectivamente, 95.897, 296, 1.940 e 975 habitantes (IBGE, 2001).

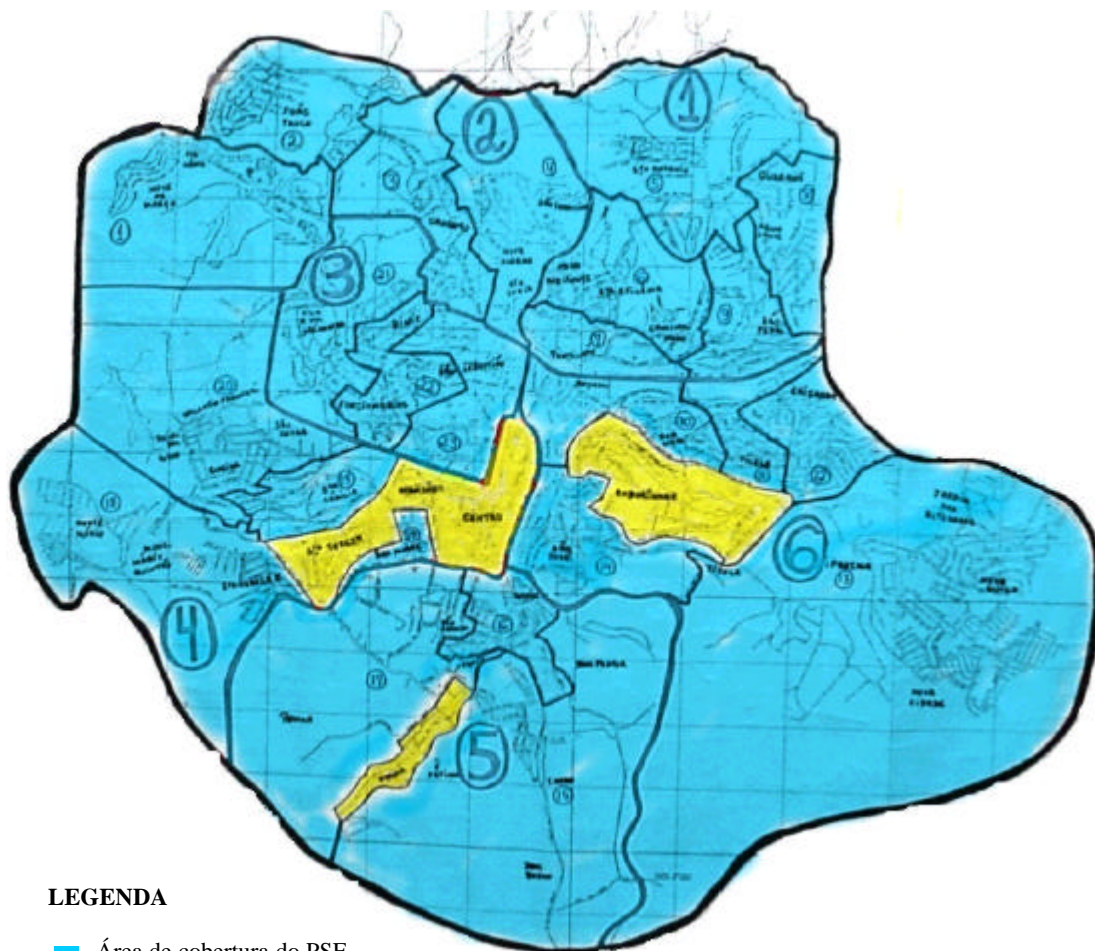
#### **4.3. Área de cobertura do Programa Saúde da Família no município de Barbacena**

No município de Barbacena, o PSF está dividido, considerando a área de atuação, em zona urbana e rural. A área de atuação denominada 'zona urbana' se refere à área urbana do distrito sede do município; a 'zona rural' compreende o atendimento realizado nos outros distritos do município. O programa possui um total de vinte e oito equipes, sendo que cada uma inclui na sua composição um médico, um enfermeiro, um auxiliar de enfermagem e de cinco a oito agentes comunitários.

A zona urbana é atendida por vinte e três equipes, organizadas segundo a localidade de atuação que compreende bairros inteiros do município ou, quando estes são muito populosos, são divididos em áreas diferentes para melhor distribuição das equipes. As localidades de atuação das equipes estão, por sua vez, distribuídas em seis regiões sanitárias, denominadas: Santa Efigênia, Grogotó, Funcionários, Santa Cecília, Carmo e Vilela (Figura 3). Cada região sanitária possui pelo menos um posto de saúde para atendimento da população coberta pelo PSF. No Quadro 8 são apresentadas as regiões sanitárias e as localidades sobre sua responsabilidade.

A zona rural atendida pelo PSF compreende os distritos: Colônia Rodrigo Silva, Correia de Almeida, Faria, Mantiqueira do Palmital, Padre Brito, Pinheiro Grosso, Ponto Chique do Martelo, São Sebastião dos Torres, Senhora das Dores.

Em 2002, o PSF atingiu cobertura de 79,75% da população residente no município. No ano seguinte a cobertura do programa alcançou 85,78% da população. Em setembro de 2003, por motivos de ordem financeira, houve a eliminação de cinco equipes da zona urbana: Carmo 3, Funcionários 3, Santa Cecília 3, São Pedro 2 e Vilela 3 e de uma equipe da zona rural: Torres. Com a eliminação da equipe de Torres houve ampliação das atividades da equipe do distrito de Correia de Almeida, que assumiu a responsabilidade pelo cadastramento e acompanhamento das famílias pertencentes ao distrito de Torres. Devido a essas alterações a cobertura do programa sofreu uma redução no ano de 2004, atingindo até o mês de junho, 73,89% da população.



**LEGENDA**

- Área de cobertura do PSF
- Área sem cobertura pelo PSF

- Regiões Sanitárias
- 1 – Santa Efigênia
  - 2 – Grogotó
  - 3 – Funcionários
  - 4 – Santa Cecília
  - 5 – Carmo
  - 6 – Vilela

Figura 3 – Localização das áreas de cobertura do Programa Saúde da Família e respectivas regiões sanitárias, município de Barbacena-MG, 2004.

Quadro 8 – Relação das regiões sanitárias do Programa Saúde da Família e respectivas localidades cobertas, zona urbana, município de Barbacena-MG, 2004

| Regiões Sanitárias | Localidades  |
|--------------------|--|
| Santa Efigênia     | Santa Efigênia 1 e 2, São Pedro 1 e 2, Santo Antônio |
| Grogotó            | Grogotó, Nove de Março, João Paulo II, São Francisco |
| Funcionários       | Funcionários 1, 2, 3                                 |
| Santa Cecília      | Santa Cecília 1, 2, 3                                |
| Carmo              | Carmo 1, 2, 3  |
| Vilela             | Vilela 1, 2, 3, Ipanema e Boa Vista.                 |

Fonte: Departamento Municipal de Saúde Pública do município de Barbacena (2004)<sup>1</sup>.

Em outubro de 2003, a equipe do PSF de Padre Brito, pertencente à zona rural, foi transformada em Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS); durante a transição houve uma interrupção na coleta de dados nos meses de agosto e setembro, sendo que em outubro o banco de dados do SIAB voltou a ser abastecido com os dados coletados pelos agentes do PACS.

#### 4.4. Descrição dos sistemas de abastecimento de água

A distribuição de água para a população do município de Barbacena é responsabilidade do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DEMAE). Considerando a área de abrangência do presente trabalho, foram utilizados dados referentes a cinco sistemas de abastecimento incluindo a descrição de cada um deles e informações sobre o monitoramento da qualidade da água de consumo. Os sistemas foram denominados, para efeito de análise, como ETA I, ETA II, ETA III, ETA IV e ETA V.

No distrito de Barbacena, a água de consumo é proveniente de manancial superficial, passando por processo de tratamento em ciclo completo (ETAs I e II). No distrito de Correia de Almeida, a água distribuída também é proveniente de manancial superficial e recebe tratamento em ciclo completo em uma estação do tipo compacta, pré-fabricada (ETA III). Nos distritos de Padre Brito e Senhora das Dores, a água de consumo é proveniente de manancial subterrâneo, lençol artesianos e freáticos,

<sup>1</sup> Dados disponíveis, porém não publicados.

respectivamente. No distrito de Padre Brito a água é filtrada e clorada (ETA IV) e em Senhora das Dores, apenas clorada (ETA V).

A ETA I (tratamento em ciclo completo), localizada no bairro São Pedro, opera com uma vazão média de 80 L/s, sendo abastecida através da captação do Córrego Cará, do Ribeirão Alberto Dias (em período de seca) e do Córrego Caetés.

A água da ETA I é distribuída para 30% da zona urbana do município de Barbacena, abastecendo os seguintes bairros: Água Santa, Andaraí, Barbosa, Bavesa, Boa Vista, Caetés, Caminho Novo, Diniz I, Greenville, Grogotó, Guarani, Loteamento Kilson, Novo Horizonte, Passarinhos, Pontilhão, Santa Efigênia, Santa Luzia, Santo Antônio, São Francisco, São Pedro, São Sebastião, Vale das Rosas, Vista Alegre, além do terminal rodoviário do município.

A ETA II, localizada no Bairro Tijuca, também opera com tratamento em ciclo completo, tratando uma vazão média de 200 L/s; é abastecida através da captação do Rio das Mortes e do Córrego Pinheiro Grosso, sendo responsável pelo abastecimento de 70% da zona urbana do município, incluindo os seguintes bairros: Aguada, Andorinhas, Belvedere, Boa Morte, Bom Pastor, Caiçaras, Campo, Carmo, Ceasa, Centro, Diniz II, Eucisa, Exposição, Fátima, Floresta, Funcionários, Ipanema, Jardim, Jardim Alterosa, João Paulo II, Loteamento Ceolin, Mansões, Monte Mário, Nossa Senhora Aparecida, Nova Cidade, Nova Suíça, Nove de Março, Oyama, Padre Cunha, Residencial Savassi, Retiro das Rosas, Roman, Santa Cecília, Santa Tereza I, Santa Tereza II, São Cristóvão, São Geraldo, São Jorge, São José, São Sebastião, São Vicente de Paula, Sapé, Serra Verde, Tijuca, Valentim Prenassi, Vila da Amizade, Vila dos Sargentos, Vilela.

A ETA III, localizada no Distrito de Correia de Almeida, é uma estação compacta com tratamento em ciclo completo. Opera com uma vazão média de 10 L/s, é abastecida pela captação do Córrego Figueira e distribui água para a área urbana do distrito de Correia de Almeida.

Algumas das regiões sanitárias sob cobertura do PSF recebem água de duas estações de tratamento, enquanto outras regiões são abastecidas por apenas uma das estações. No Quadro 9, resume-se o exposto.

As redes de distribuição das ETAs I e II são formadas por tubulações de ferro fundido nas áreas mais antigas, o que, segundo informações dos responsáveis pelo abastecimento, determina o aparecimento de incrustações de ferro e manganês e coloração preta-amarelada da água. Em alguns pontos, as tubulações antigas já foram substituídas por PVC, o que minimiza o problema.

Quadro 9 – Fontes de abastecimento de água e tipo de tratamento nas regiões sanitárias de Barbacena sob cobertura do PSF

| Regiões Sanitárias                 | Tipo de Manancial             | Tratamento (ETA)                   |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Santa Efigênia                     | Superficial                   | ETA I (ciclo completo)             |
| Santa Cecília, Carmo, Funcionários | Superficial                   | ETA II (ciclo completo)            |
| Vilela, Grogotó                    | Superficial                   | ETAs I e II                        |
| Correia de Almeida                 | Superficial                   | ETA III (ciclo completo, compacta) |
| Padre Brito                        | Subterrâneo, lençol artesiano | ETA IV (filtração + cloração)      |
| Senhora das Dores                  | Subterrâneo, lençol freático  | ETA V (cloração)                   |

A rede de distribuição da ETA III é toda constituída por tubulações de PVC. Quanto aos distritos rurais de Padre Brito (ETA IV) e Senhora das Dores (ETA V), em alguns trechos as tubulações são de PVC, em outros de ferro galvanizado.

#### 4.5. Pontos de coleta e rotina de monitoramento da qualidade da água realizada pelo DEMAÉ

Os dados secundários disponibilizados pelo DEMAÉ corresponderam aos resultados das análises laboratoriais realizadas pelo Laboratório de Análises do referido Departamento, como parte de suas atividades de controle da qualidade da água. Os resultados das análises utilizados neste estudo corresponderam a amostras de água coletadas nos reservatórios de distribuição localizados junto às ETAs (saída do tratamento/entrada no sistema de distribuição) e em pontos das redes de distribuição. Para efeito deste trabalho, os pontos de coleta nos reservatórios foram considerados como “saída do tratamento”.

Como rotina do controle da qualidade da água, o DEMAÉ realiza análises na água bruta e na água tratada para verificar os seguintes parâmetros: pH, alcalinidade, turbidez, flúor, acidez e cloro. Para as análises bacteriológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) utiliza-se o método cromogênico-fluorogênico (Colilert<sup>®2</sup>), sendo os resultados expressos como presença ou ausência. Segundo informações obtidas junto ao responsável pelo laboratório do DEMAÉ, as coletas de amostras de água e as análises

<sup>2</sup> Disponível em: <<http://www.idexx.com/Water/Products/colilert/index.cfm>>.

laboratoriais são realizadas segundo o preconizado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

#### **4.6. Análises dos dados**

##### **4.6.1. Análise dos dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde**

Os dados disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde foram inicialmente trabalhados utilizando técnicas da epidemiologia descritiva.

Primeiramente foram trabalhados os dados referentes às condições de saneamento de cada uma das seis regiões sanitárias: Carmo, Funcionários, Grogotó, Santa Cecília, Santa Efigênia e Vilela, assim como, dos três distritos Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora das Dores. Para cada região foram obtidas, a partir dos dados disponibilizados pelo SIAB, as proporções de famílias cadastradas no PSF segundo as variáveis: abastecimento de água, destino de fezes e urina, destino do lixo e tratamento domiciliar da água. Os dados foram trabalhados a partir da construção de tabelas de frequência e gráficos para cada área estudada.

A situação de saneamento de cada uma das regiões estudadas foi avaliada por meio de uma análise qualitativa comparativa entre regiões e para cada região ao longo do período de estudo (2002 a 2004).

No início da análise (2002), a situação de saneamento foi caracterizada adotando os sinais (+) e (-). Como ponto de partida, um único sinal (-) foi utilizado para designar a região com as piores condições de saneamento e o sinal (+) foi utilizado para categorizar as regiões com melhores condições, sendo adotado mais de um sinal (+) a medida que a condição era melhor. Nesse sentido, em função do número de regiões estudadas, na zona urbana do município, a região sanitária que apresentou as melhores condições de saneamento recebeu cinco sinais (+) e na zona rural, dois sinais (+).

A caracterização da evolução das condições de saneamento foi realizada adotando os sinais (>) e (<) ao longo dos anos subsequentes (2003 e 2004) em relação à primeira avaliação (2002). O sinal (>) foi utilizado para designar melhoria da situação de saneamento e o sinal (<), piora da situação. A caracterização da intensidade da melhora ou piora da situação foi realizada se adotando a seguinte classificação:



(<) ou (>): redução ou aumento de até 1% no acesso das famílias aos serviços;

(<<) ou (>>): redução ou aumento de 1 a 2% no acesso das famílias aos serviços;

(<<<) ou (>>>): redução ou aumento de 2 a 3% no acesso das famílias aos serviços;

(<<<<) ou (>>>>): redução ou aumento de 3 a 4% no acesso das famílias aos serviços; e

(<<<<<) ou (>>>>>): redução ou aumento de mais de 4% no acesso das famílias aos serviços.

Os dados referentes à ocorrência de diarreia em crianças menores de dois anos, considerando todas as regiões sanitárias do distrito sede e os três distritos estudados, foram inicialmente trabalhados através do cálculo da prevalência geral para o período de estudo (março de 2002 a março de 2004). Posteriormente, para cada região sanitária e distrito, foi calculada a prevalência para cada ano (2002, 2003 e 2004) e a prevalência média do período (março de 2002 a março de 2004).

Os resultados de prevalência geral e prevalência médias foram comparados para verificar se houve diferença estatisticamente significativa, utilizando o teste do Qui-quadrado, com nível de significância de 5%.

#### **4.6.2. Análise dos dados disponibilizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto**

Os dados disponibilizados pelo DEMA E se referiram ao monitoramento da qualidade da água distribuída pelos sistemas de abastecimento da área urbana do distrito sede do município (ETA I e ETA II) e dos sistemas que abastecem os distritos Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora da Dores (ETA III, ETA IV e ETA V, respectivamente).

A análise dos dados foi dividida em 'atendimento aos planos mínimos de amostragem' e 'qualidade da água', a partir do cálculo dos índices de cumprimento aos padrões exigidos pela Portaria MS nº 518/2004. Para tanto, foram calculados: índices de coleta, índice bacteriológico e índice físico-químico, subdividido em índice de turbidez e índice de cloro residual livre, de acordo com as fórmulas a seguir:

$$IC (\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de amostras coletadas nas diversas partes dos sistemas de abastecimento}}{\text{N}^\circ \text{ de amostras a coletar segundo os planos de amostragem da Portaria MS n}^\circ \text{ 518 / 2004}} \times 100$$

$$IB (\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de amostras com ausência de coliformes}}{\text{N}^\circ \text{ de amostras coletadas}} \times 100$$

$$IT (\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de amostras de acordo com o padrão de turbidez}}{\text{N}^\circ \text{ de amostras coletadas}} \times 100$$

$$ICRL (\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ de amostras de acordo com o padrão de CRL}}{\text{N}^\circ \text{ de amostras coletadas}} \times 100$$

Como relatado no item 4.5, os pontos de coleta das amostras utilizados neste estudo foram os reservatórios de distribuição localizados junto às ETAs (saída do tratamento/entrada no sistema de distribuição) e amostras coletadas em pontos das redes de distribuição.

Neste trabalho, os pontos de coleta nos reservatórios foram considerados como 'saída do tratamento'. Como não se teve acesso a dados de monitoramento da água filtrada, os limites de turbidez exigidos/recomendados para efluentes filtrados foram contrapostos como os dados da água nos reservatórios junto às ETAs (saída do tratamento/entrada no sistema de distribuição). Estes pontos de coleta (reservatórios) foram também os considerados para a avaliação dos teores de cloro residual livre 'após a desinfecção'.

Para efeitos de interpretação, os índices IC, IT e ICRL mínimos exigidos são de 100%. Para o índice bacteriológico, de acordo com a Portaria MS nº 518/2004, no caso de sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês, mensalmente, o IB mínimo aceitável mensal é de 95% e para os sistemas que analisam menos de 40 amostras mensais, o atendimento não é verificado em bases percentuais, admitindo-se que apenas uma amostra apresente resultado positivo no mês (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Os índices calculados foram utilizados para a análise de cada um dos sistemas de abastecimento, juntamente com a estatística descritiva dos parâmetros turbidez e CRL, obtida a partir do banco de dados original: valor máximo, valor mínimo, média, desvio padrão, coeficiente de variação, mediana, 1º quartil e 3º quartil.

Além da análise descritiva, foram realizados testes de correlação entre as diversas variáveis de qualidade da água na rede de distribuição para cada um dos sistemas de abastecimento estudados.

Uma vez que as variáveis coliformes totais e *E. coli* estavam expressas no banco de dados como variáveis qualitativas, as análises de correlação entre estas e as variáveis CRL e turbidez foram realizadas a partir da construção de tabelas de contingência 2 x 2. Às variáveis coliformes totais e *E. coli* foram atribuídas as categorias presença ou ausência e às variáveis CRL e turbidez, atendem ou não atendem ao padrão de potabilidade (0,2 mg/L para CRL e 5 uT para turbidez). A correlação foi analisada a partir do cálculo do Coeficiente Phi ( $r_{\phi}$ ), do valor de p e do respectivo coeficiente de determinação ( $R^2$ )

A correlação entre as variáveis CRL e turbidez, expressas como variáveis quantitativas, foi analisada através do cálculo do Coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) e do valor de p, uma vez que pelo menos uma das variáveis, para todos os sistemas, sempre apresentou distribuição não normal pelo teste D'Agostino.

Análise de correlação também foi realizada entre os valores de turbidez na saída do tratamento e na rede de distribuição para todos os sistemas de abastecimento. Inicialmente, os dados foram testados para normalidade pelo teste D'Agostino e, posteriormente, calculado o Coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ) e do valor de p correspondente.

Todas as análises de correlação foram realizadas no programa BioEstat 2.0 (AYRES *et al.*, 2000) e interpretadas considerando um nível de significância de 5%.

Para a caracterização dos perigos identificados a partir da análise dos dados de monitoramento da qualidade da água em cada um dos sistemas de abastecimento estudados, foi utilizada, como referência, a metodologia proposta no Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano<sup>3</sup>, com modificações.

De forma geral, as alterações incorporadas à metodologia consistiram na inclusão do aspecto 'atendimento ao plano mínimo de amostragem' para os três parâmetros: coliformes totais, *E.coli*, turbidez e CRL, sendo os resultados avaliados em termos de meses em que não foi atendido o plano mínimo de amostragem em relação ao número total de meses estudados, além de percentuais de atendimento naqueles meses

---

<sup>3</sup> Dados disponíveis, porém não publicados.

onde não houve atendimento integral. Outro aspecto considerado foi a avaliação da qualidade da água, aqui também para os parâmetros coliformes totais, *E.coli*, turbidez e CRL, sendo os resultados avaliados anualmente, em termos de percentual de não atendimento ao padrão de potabilidade (complemento do índice bacteriológico, do índice de turbidez e do índice de cloro residual livre), além dos percentuais de atendimento observados naqueles meses onde não houve atendimento integral. Na avaliação da turbidez na saída do tratamento foi considerada não somente a frequência de atendimento ao padrão brasileiro de potabilidade, como também as metas indicadoras de remoção de protozoários.

Além destes fatores, na categorização dos perigos procurou-se ainda analisar o tipo de manancial e de técnica de tratamento, as informações sobre o estado de conservação das redes de distribuição, a existência de associações estatisticamente significativas entre a turbidez na saída do tratamento e na rede de distribuição, bem como, entre a presença de coliformes e os dados de cloro residual e turbidez na rede de distribuição.

Para realizar a categorização dos perigos identificados foram utilizadas tonalidades de cor, que significavam situações de perigo, mais ou menos evidentes ou acentuados. As categorias foram:

- Verde: situação de perigos menores ou inexistentes (a gradação verde claro para verde escuro significa melhoria do item avaliado).

- Laranja: situação de alerta, perigos intermediários (a gradação amarelo para laranja significa piora do item avaliado).

- Vermelho: situação de alerta máximo, perigos acentuados.

#### **4.6.3. Análise entre morbidade por diarreia e qualidade da água na rede de distribuição**

A análise entre a prevalência de diarreia e as diversas variáveis de qualidade da água na rede de distribuição foi realizada a partir de testes de correlação nas seguintes regiões de estudo: Santa Efigênia, abastecida pela ETA I, Carmo, Funcionários e Santa Cecília, abastecidas pela ETA II, Grogotó e Vilela, abastecidas pela ETA I e ETA II, distrito Padre Brito, abastecido pela ETA IV e distrito Senhora das Dores, abastecido pela ETA V. Como as regiões sanitárias Grogotó e Vilela são abastecidas por água proveniente de dois sistemas (ETA I e ETA II), as análises de correlação, para cada uma

dessas regiões, incluíram variáveis de qualidade da água referentes a esses dois sistemas, separadamente. Para o distrito Correia de Almeida, abastecido pela ETA III, não foram realizados testes de correlação, devido ao número extremamente reduzido de dados disponibilizados, referentes à ocorrência de diarreia em menores de dois anos.

As seguintes variáveis foram trabalhadas: prevalência de diarreia, atendimento ao plano mínimo de amostragem para cada um dos parâmetros (coliformes totais, turbidez e CRL), 3<sup>o</sup> Quartil para turbidez, 3<sup>o</sup> Quartil para CRL, total de amostras positivas para coliformes totais, total de amostras positivas para *E. coli*. Para os distritos Padre Brito e Senhora das Dores, as variáveis 3<sup>o</sup> Quartil para turbidez e CRL não foram trabalhadas, devido ao reduzido número de amostras coletadas, havendo vários meses onde foram feitas análises de uma só amostra.

Primeiramente, as variáveis foram testadas para normalidade pelo teste D'Agostino. As variáveis com distribuição paramétrica foram analisadas através do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson e as não paramétricas através do coeficiente de correlação de Spearman e respectivos valores de p. Para o coeficiente de correlação de Pearson foi calculado, adicionalmente, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Em algumas situações, quando os pares de variáveis eram reduzidos (menor que 10), a análise de normalidade foi realizada pelo teste de Lilliefors e a análise de correlação pelo cálculo do coeficiente de correlação de Kendal.

Todas as análises de correlação foram realizadas no programa BioEstat 2.0 (AYRES *et al.*, 2000) e interpretadas considerando um nível de significância de 5%.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Situação de saneamento básico das regiões sanitárias da zona urbana do distrito de Barbacena sob cobertura do PSF**

A análise da situação de saneamento básico de cada uma das seis regiões sanitárias foi baseada em dados do SIAB, referentes ao abastecimento de água, destino do lixo, destino de fezes/urina e à utilização de alguma forma de tratamento da água no domicílio (cloração, fervura ou filtração).

Para se proceder à análise dos dados verificou-se em primeira instância o número de famílias cadastradas em cada região sanitária. As regiões Santa Efigênia e Vilela apresentam os maiores números de famílias cadastradas como um todo, justificado pelo fato de serem regiões que englobam, cada uma, três bairros populosos do município de Barbacena.

É importante ressaltar, como descrito em Material e Métodos, que em 2003 houve a extinção de cinco equipes da zona urbana: Funcionários 3, pertencente à região Funcionários; Carmo 3, pertencente à região Carmo; Vilela 3, pertencente à região Vilela; Santa Cecília 3, pertencente à região Santa Cecília e São Pedro 2 pertencente à região Santa Efigênia; além de uma equipe da zona rural (Torres). A única região sanitária que não sofreu modificações na constituição de suas equipes foi a região Grogotó. A alteração no número de equipes é o que provavelmente explica a redução do número de famílias cadastradas nas regiões assinaladas anteriormente (Tabela 1, Gráfico 1).

Tabela 1 – Número de famílias cadastradas no PSF segundo o ano e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Regiões Sanitárias | Ano   |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|
|                    | 2002  | 2003  | 2004  |
| Carmo              | 2.843 | 2.862 | 2.277 |
| Funcionários       | 3.236 | 3.475 | 2.291 |
| Grogotó            | 3.160 | 3.450 | 3.438 |
| Santa Cecília      | 2.347 | 2.590 | 2.022 |
| Santa Efigênia     | 4.409 | 4.873 | 4.377 |
| Vilela             | 4.997 | 5.415 | 4.697 |

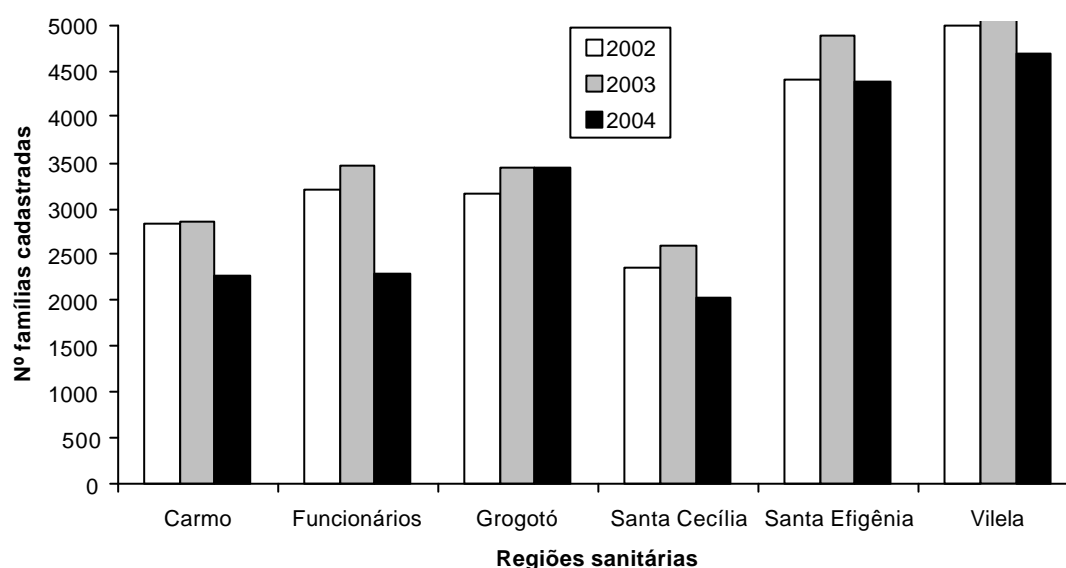


Gráfico 1 – Número de famílias cadastradas no PSF, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Entretanto, excluindo-se da análise as localidades que deixaram de contar com uma equipe de PSF em 2004 (Carmo 3, Funcionários 3, São Pedro 2, Santa Cecília 3 e Vilela 3), constatamos que, com exceção de Grogotó, em todas as regiões sanitárias do programa houve aumento do número de famílias cadastradas por equipe (Gráfico 2). Considerando que cada equipe de PSF pode atender até 4.500 pessoas, entendemos que a ampliação no número de famílias cadastradas nas regiões sanitárias revela que as equipes podem ainda não ter atingido seu potencial pleno de atendimento.

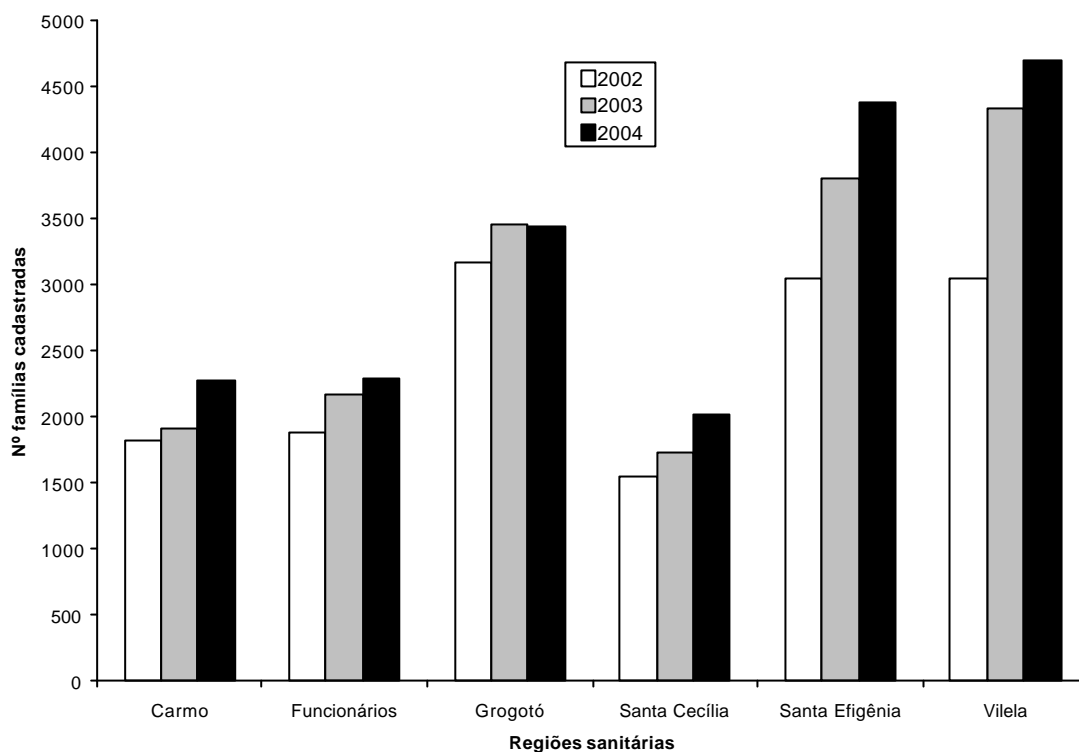


Gráfico 2 – Número de famílias cadastradas no PSF, considerando as localidades permanentemente atendidas no programa, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Vale ressaltar que a ampliação de atendimento por equipe, verificada no ano de 2004, pode ter contemplado famílias que haviam sido excluídas com a redução das equipes nas localidades já citadas.

Com relação ao abastecimento de água, as famílias cadastradas no PSF da área urbana apresentaram como principal forma de abastecimento, no período estudado, a rede pública. Em todas as regiões sanitárias, o percentual de famílias cadastradas e atendidas por esta forma de abastecimento de água foi sempre superior a 90 %. Ressaltamos que as famílias cadastradas utilizam formas diferentes de abastecimento, como poço/nascente e outras, que não são discriminadas na ficha de coleta de dados do SIAB (Tabela 2).



Tabela 2 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o abastecimento de água e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Regiões Sanitárias | Abastecimento de Água |      |         |      |         |       |       |                  |      |         |      |         |      |       |               |      |         |      |         |      |       |
|--------------------|-----------------------|------|---------|------|---------|-------|-------|------------------|------|---------|------|---------|------|-------|---------------|------|---------|------|---------|------|-------|
|                    | Rede Pública          |      |         |      |         |       |       | Poço ou Nascente |      |         |      |         |      |       | Outras Formas |      |         |      |         |      |       |
|                    | 2002                  |      | 2003    |      | 2004    |       | Média | 2002             |      | 2003    |      | 2004    |      | Média | 2002          |      | 2003    |      | 2004    |      | Média |
|                    | Nº fam.               | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %     |       | Nº fam.          | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    |       | Nº fam.       | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    |       |
| Carmo              | 2.596                 | 91,3 | 2.689   | 94,0 | 2.240   | 98,40 | 94,50 | 25               | 7,80 | 18      | 5,40 | 16      | 1,60 | 4,90  | 29            | 0,80 | 26      | 0,70 | 27      | 0,04 | 0,50  |
| Funcionários       | 3.176                 | 98,1 | 3.434   | 98,8 | 2.274   | 99,30 | 98,70 | 173              | 1,80 | 156     | 1,10 | 144     | 0,70 | 1,20  | 3             | 0,10 | 2       | 0,10 | 2       | 0,04 | 0,10  |
| Grogotó            | 2.984                 | 94,4 | 3.292   | 95,4 | 3.292   | 95,80 | 95,20 | 57               | 5,50 | 39      | 4,50 | 16      | 4,20 | 4,70  | 3             | 0,10 | 2       | 0,10 | 1       | 0,10 | 0,10  |
| Santa Cecília      | 2.312                 | 98,5 | 2.556   | 98,7 | 1.982   | 98,00 | 98,40 | 26               | 1,10 | 29      | 1,10 | 36      | 1,80 | 1,30  | 9             | 0,40 | 5       | 0,20 | 4       | 0,20 | 0,30  |
| Santa Efigênia     | 4.355                 | 98,8 | 4.829   | 99,1 | 4.334   | 99,10 | 99,00 | 223              | 0,60 | 154     | 0,40 | 36      | 0,40 | 0,40  | 24            | 0,70 | 19      | 0,60 | 1       | 0,60 | 0,60  |
| Vilela             | 4.909                 | 98,2 | 5.313   | 98,2 | 4.612   | 96,87 | 98,20 | 82               | 1,60 | 97      | 1,80 | 78      | 1,70 | 1,70  | 6             | 0,10 | 5       | 0,10 | 7       | 0,20 | 0,10  |

Com relação à forma de abastecimento de água 'rede pública', o percentual de famílias cadastradas se manteve relativamente estável em todas as regiões sanitárias, com elevados valores desde o início do período de estudo (2002), sendo que os valores médios encontrados ultrapassam 94%.

Ainda que não se possa estabelecer uma comparação direta, e independentemente da variação observada no período de estudo, o acesso à rede pública de abastecimento de água para as famílias cadastradas no PSF do município de Barbacena apresenta elevados índices de cobertura, superando os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 (IBGE, 2001), que revelam, para o Brasil e o Sudeste, percentuais de domicílios atendidos por rede de abastecimento de água da ordem de 63,9% e 70,5%, respectivamente.

As regiões Carmo e Grogotó foram as que apresentaram os percentuais mais baixos de famílias cadastradas atendidas com rede pública quando comparadas com as demais, em média 94,5% e 95,2%, respectivamente (Tabela 2).

Verificou-se, em geral, um pequeno aumento do percentual da população atendida por esse serviço de 2002 a 2004. A região sanitária Carmo apresentou o maior aumento (7,06%) no percentual de famílias com acesso à rede pública de água, passando de uma cobertura de 91,31 % em 2002 para 98,37% em 2004. Apenas duas regiões sanitárias, Vilela e Santa Cecília, apresentaram uma pequena redução do percentual nesse período, 0,04% e 0,48%, respectivamente (Tabela 2 e Gráfico 3).

Estas variações tanto podem ter sido função do aumento da cobertura do serviço de abastecimento de água no município pela rede pública, como pela ampliação do número de famílias cadastradas por equipe no PSF, uma vez que, mesmo com a redução das equipes do programa, todas as regiões sanitárias apresentaram aumento no percentual de famílias atendidas entre 2002 e 2004 (Gráfico 2). A ampliação do número de famílias cadastradas no programa poderia implicar na incorporação de famílias com melhores ou piores condições de saneamento.

A utilização de formas diferentes de abastecimento de água pelas famílias cadastradas no PSF pode ser observada nos Gráficos 4 e 5. No período analisado, o abastecimento das famílias com água proveniente de poço ou nascente alcança percentuais mais evidentes nas regiões Carmo e Grogotó (médias de 4,93% e 4,73%), sendo mais reduzido na região Santa Efigênia (média de 0,43%) (Tabela 2). Ressaltamos que a região Carmo apresentou o maior decréscimo no percentual de famílias cadastradas e abastecidas por água de poço ou nascente (6,26%) (Tabela 2 e Gráfico 4), não significando, necessariamente, conforme explicação anterior, melhoria no acesso aos serviços de saneamento.

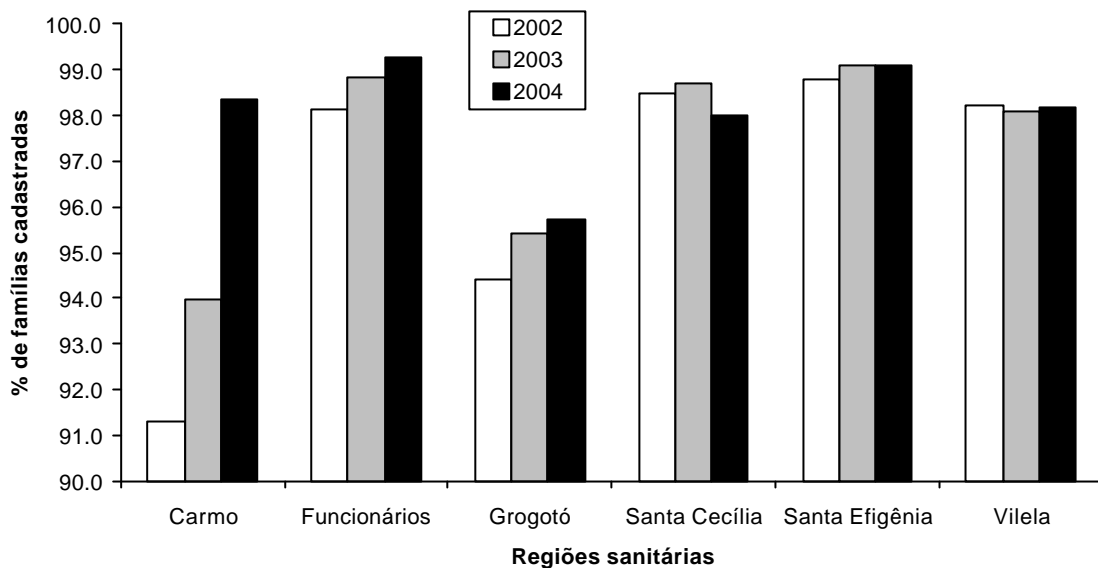


Gráfico 3 – Percentual de famílias cadastradas no PSF com acesso à rede pública de abastecimento de água, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

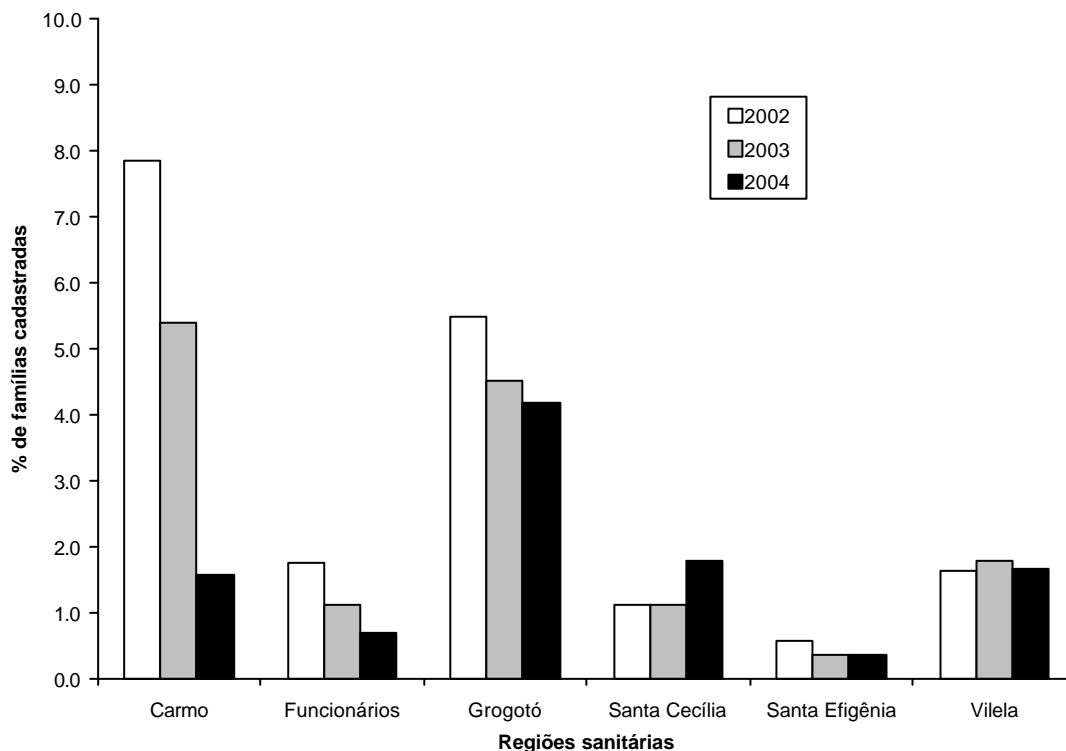


Gráfico 4 – Percentual de famílias cadastradas no PSF abastecidas por água proveniente de poço ou nascente, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Com relação a outras formas de abastecimento de água, todas as regiões apresentaram pequenos percentuais de famílias cadastradas, menos de 1%. Entretanto, também neste caso, a região Carmo foi a que apresentou um dos maiores percentuais de famílias cadastradas, em média 0,52% (Tabela 2 e Gráfico 5). A discussão da categoria ‘outras formas’ da variável abastecimento de água fica prejudicada pela dificuldade de se discriminar os tipos de abastecimentos aqui incluídos.

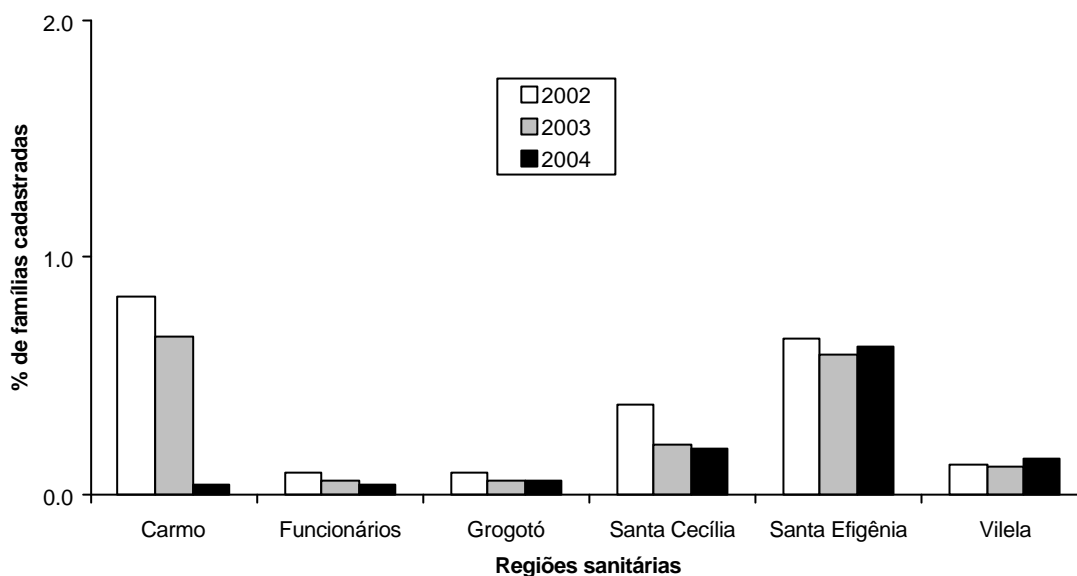


Gráfico 5 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que utilizam outras formas de abastecimento de água, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

A variável destino de fezes e urina apresentou os maiores percentuais de famílias cadastradas com acesso a esgotamento sanitário, sendo que, de uma forma geral, para essa categoria os valores foram sempre superiores a 90%, superando, inclusive, os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2000 relativos aos percentuais de domicílios atendidos por rede geral de esgoto no Brasil e no Sudeste, respectivamente, da ordem de 33,5% e 53,0% (IBGE, 2001).

No período analisado, também para a variável destino de fezes e urina, a região Carmo foi a que apresentou, em média, um dos menores percentuais de famílias cadastradas com acesso a rede pública de esgotamento sanitário (93,27%), sendo que a região Santa Cecília foi a que apresentou o menor percentual médio (91,05%) (Tabela 3).

Observa-se que na região Santa Cecília houve decréscimo (11,43%) no percentual de famílias cadastradas com acesso a esgotamento sanitário, passando de uma cobertura de 96,25%, em 2002, para 84,82%, em 2004. Na região Carmo, verificou-se aumento (5,37%) do percentual de famílias com acesso a este serviço, ou seja, 91,38%, em 2002 e 96,75%, em 2004 (Tabela 3 e Gráfico 6).

De forma semelhante ao verificado para a variável 'abastecimento de água', estas variações tanto podem ter sido em função do aumento da cobertura do serviço de abastecimento de água no município pela rede pública, como pela ampliação do número de famílias cadastradas por equipe no PSF. Especificamente no caso da região sanitária Santa Cecília, o decréscimo verificado é mais provável de ser explicado pela ampliação do número de famílias cadastradas por equipe do PSF, com a incorporação de famílias com piores condições de saneamento, uma vez que a desconexão de uma residência desse tipo de serviço é menos usual de ocorrer do que no caso da rede pública de água.

Com relação a outras formas de destinação de fezes e urina, no período analisado, a região sanitária Santa Cecília apresentou o maior percentual de famílias cadastradas que utilizam fossa (em média 7,33%), enquanto a região Funcionários apresentou o menor percentual (em média, 1,16%). Além disso, a região Santa Cecília apresentou um expressivo aumento no percentual de famílias que utilizam fossa (8,55%) (Tabela 3 e Gráfico 7). Esse fato corrobora a discussão anterior, sugerindo que na ampliação do número de famílias cadastradas por equipe do PSF, entre 2002 e 2004, foram incorporadas famílias com piores condições de saneamento.

Em relação à prática de se despejar fezes e urina a céu aberto, foram registrados os maiores percentuais médios nas regiões sanitárias Carmo (3,83%) e Grogotó (2,31%) e o menor na região Funcionários (0,65%). Ressaltamos que a região Carmo apresentou um decréscimo (3,02%) no percentual de famílias que utilizam essa prática (Tabela 3 e Gráfico 8), o que, no entanto, em função da ampliação do número de famílias cadastradas por equipe de PSF, não significa necessariamente melhorias das condições de acesso aos serviços de saneamento nesta região.

O acesso das famílias cadastradas no PSF à coleta pública de lixo, revelou elevados percentuais em todas as regiões sanitárias, com valores médios superiores a 96% (Tabela 4). Dados do Censo Demográfico de 2000 mostram que o percentual da população com acesso a esse serviço não ultrapassa 76% no Brasil e 89% no Sudeste (BRASIL, 2004).

Tabela 3 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino de fezes e urina e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Regiões Sanitárias | Destino de Fezes e Urina |       |         |       |         |       |       |         |      |         |      |         |       |       |            |      |         |      |         |      |       |
|--------------------|--------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|------|---------|------|---------|-------|-------|------------|------|---------|------|---------|------|-------|
|                    | Rede pública             |       |         |       |         |       |       | Fossa   |      |         |      |         |       |       | Céu Aberto |      |         |      |         |      |       |
|                    | 2002                     |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002    |      | 2003    |      | 2004    |       | Média | 2002       |      | 2003    |      | 2004    |      | Média |
|                    | Nº fam.                  | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %     |       | Nº fam.    | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    |       |
| Carmo              | 2.598                    | 91,38 | 2.624   | 91,68 | 2.203   | 96,75 | 93,27 | 108     | 3,80 | 99      | 3,46 | 33,0    | 1,45  | 2,90  | 137        | 4,82 | 139     | 4,86 | 41,0    | 1,80 | 3,83  |
| Funcionários       | 3.183                    | 98,97 | 3.402   | 97,9  | 2.252   | 98,3  | 98,39 | 36,0    | 1,12 | 44      | 1,27 | 25,0    | 1,09  | 1,16  | 17         | 0,52 | 29      | 0,83 | 14,0    | 0,61 | 0,65  |
| Grogotó            | 3.026                    | 95,76 | 3.335   | 96,67 | 3.337   | 97,06 | 96,50 | 49,0    | 1,55 | 39      | 1,13 | 31,0    | 0,9   | 1,19  | 85         | 2,69 | 76      | 2,2  | 70,0    | 2,04 | 2,31  |
| Santa Cecília      | 2.259                    | 96,25 | 2.385   | 92,08 | 1.751   | 84,82 | 91,05 | 78,0    | 3,32 | 176     | 6,8  | 240     | 11,87 | 7,33  | 10         | 0,43 | 29      | 1,12 | 31,0    | 1,53 | 1,03  |
| Santa Efigênia     | 4.206                    | 95,39 | 4.713   | 96,72 | 4.214   | 96,27 | 96,13 | 102     | 2,32 | 96      | 1,97 | 86,0    | 1,96  | 2,08  | 101        | 2,29 | 64      | 1,31 | 77,0    | 1,77 | 1,79  |
| Vilela             | 4.763                    | 95,32 | 5.262   | 97,17 | 4.550   | 96,87 | 96,45 | 178     | 3,56 | 108     | 1,99 | 109     | 2,32  | 2,62  | 56         | 1,12 | 45      | 0,84 | 38,0    | 0,81 | 0,92  |

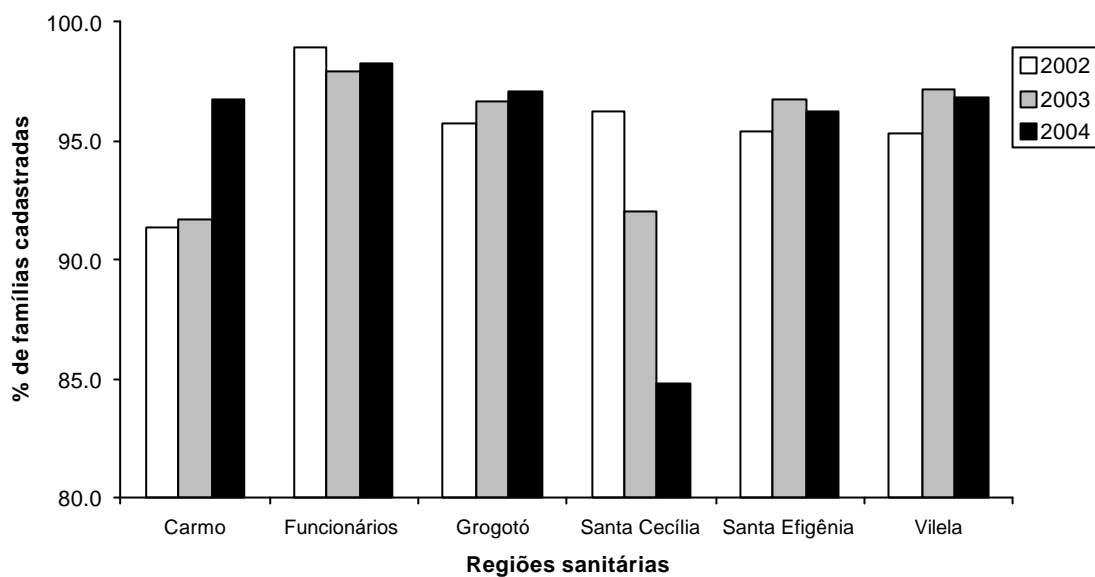


Gráfico 6 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que tem acesso à rede pública de esgotamento sanitário, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

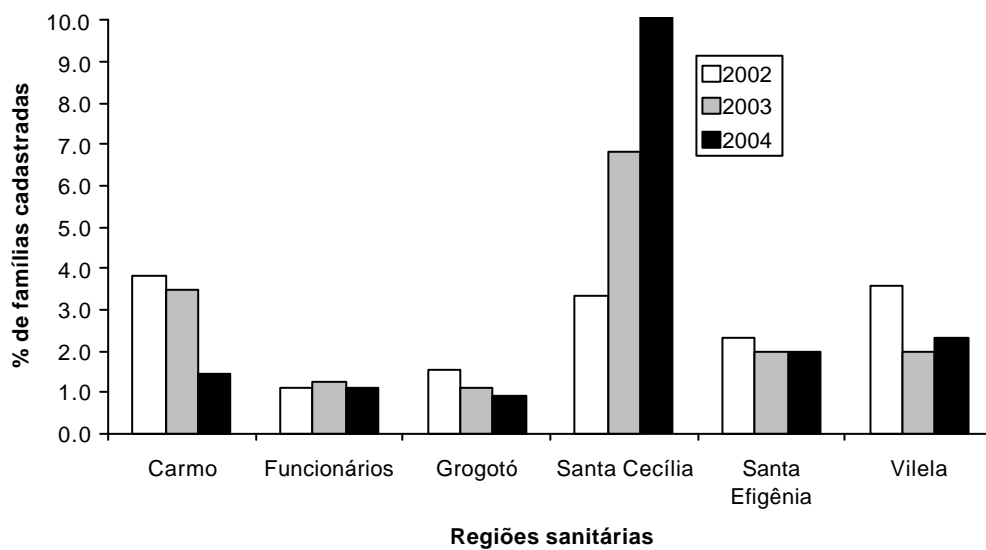


Gráfico 7 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que utilizam fossa, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

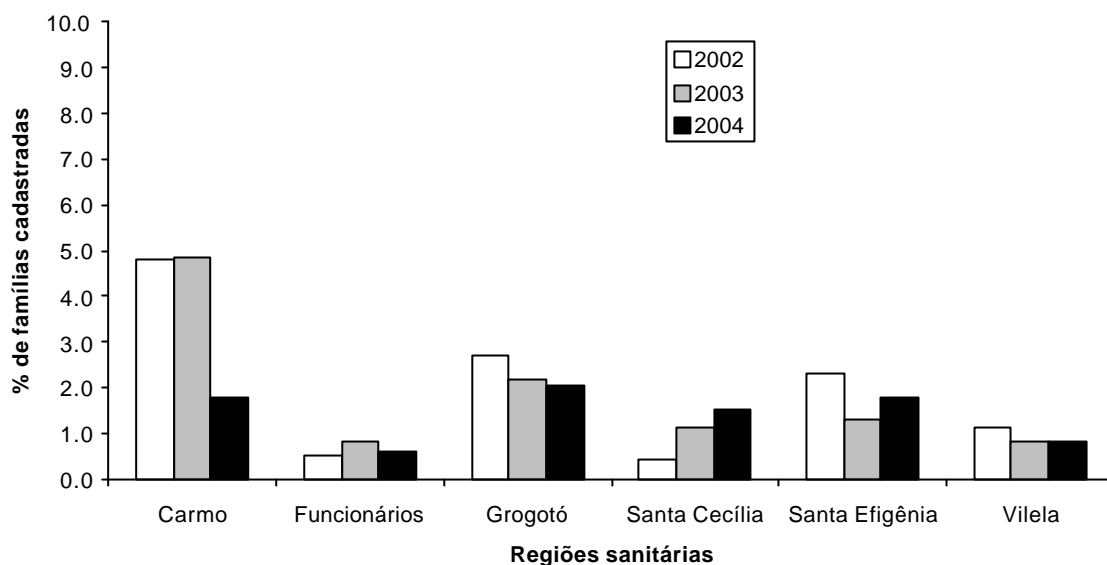


Gráfico 8 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que despejam fezes e urina a céu aberto, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

A região Funcionários apresentou o maior percentual médio de famílias com acesso a esse serviço (99,08%). A região Vilela, apesar de ter tido um aumento (2,36%) no percentual de famílias cadastradas com acesso a este serviço, foi a que, em média, apresentou o menor percentual no período (96,72%) (Tabela 4 e Gráfico 9).

Apenas as regiões Grogotó e Santa Cecília apresentaram um discreto decréscimo no percentual de famílias com acesso à coleta pública de lixo, 0,26% e 0,35%, respectivamente (Tabela 4 e Gráfico 9).

Como já discutido para as demais variáveis, ressalva deve ser feita com relação às alterações ocorridas. O aumento do percentual de famílias cadastradas com acesso à coleta pública de lixo, pode ser explicado pela ampliação desse serviço na região sanitária, como também pelo aumento do número de famílias cadastradas por equipe do PSF, neste caso, com melhores condições de saneamento.

A prática de se enterrar ou queimar o lixo não indicou percentuais elevados entre as famílias cadastradas no PSF, não ultrapassando a média de 2,43% (Tabela 4). A utilização dessa prática pelas famílias apresentou redução nas regiões Carmo (1,19%), Santa Efigênia (0,47%) e Vilela (1,7%) (Tabela 4 e Gráfico 10), o que, de acordo com explicação anterior, não representa necessariamente melhoria nas condições de saneamento nessas regiões.



Tabela 4 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino do lixo e a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Regiões Sanitárias | Destino do Lixo |       |         |       |         |       |         |                       |      |         |      |         |      |         |            |       |         |      |         |      |         |   |       |
|--------------------|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-----------------------|------|---------|------|---------|------|---------|------------|-------|---------|------|---------|------|---------|---|-------|
|                    | Coleta Pública  |       |         |       |         |       |         | Queimado ou Enterrado |      |         |      |         |      |         | Céu Aberto |       |         |      |         |      |         |   |       |
|                    | 2002            |       | 2003    |       | 2004    |       |         | Média                 | 2002 |         | 2003 |         | 2004 |         |            | Média | 2002    |      | 2003    |      | 2004    |   | Média |
|                    | Nº fam.         | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. |                       | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %          |       | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | % |       |
| Carmo              | 2.748           | 96,66 | 2.770   | 96,8  | 2.229   | 97,89 | 97,12   | 80,0,                 | 2,81 | 77,0    | 2,69 | 37,0    | 1,62 | 2,37    | 15,0       | 0,50  | 15,0,   | 0,51 | 11,0    | 0,49 | 0,50    |   |       |
| Funcionários       | 3.205           | 99,04 | 3.442   | 99,13 | 2.275   | 99,08 | 99,08   | 17,0                  | 0,53 | 17,0    | 0,50 | 12,0    | 0,52 | 0,52    | 14,0       | 0,43  | 13,0    | 0,37 | 9,0     | 0,40 | 0,40    |   |       |
| Grogotó            | 3.122           | 98,80 | 3.390   | 98,26 | 3.388   | 98,54 | 98,53   | 31,0                  | 0,98 | 53,0    | 1,54 | 44,0    | 1,28 | 1,27    | 7,0        | 0,22  | 7,0     | 0,20 | 6,0     | 0,18 | 0,20    |   |       |
| Santa Cecília      | 2.297           | 97,87 | 2.549   | 98,42 | 1.972   | 97,52 | 97,94   | 42,0                  | 1,79 | 32,0    | 1,23 | 36,0    | 1,78 | 1,60    | 8,0        | 0,34  | 9,0     | 0,35 | 14,0    | 0,70 | 0,46    |   |       |
| Sta. Efigênia      | 4.332           | 98,25 | 4.819   | 98,9  | 4.329   | 98,9  | 98,68   | 60,0                  | 1,36 | 45,0    | 0,92 | 39,0    | 0,89 | 1,06    | 17,0       | 0,39  | 9,0     | 0,48 | 9,0     | 0,21 | 0,36    |   |       |
| Vilela             | 4.745           | 94,96 | 5.300   | 97,88 | 4.571   | 97,32 | 96,72   | 184                   | 3,68 | 89,0    | 1,64 | 93,0    | 1,98 | 2,43    | 68,0       | 1,36  | 26,0    | 0,48 | 33,0    | 0,70 | 0,85    |   |       |

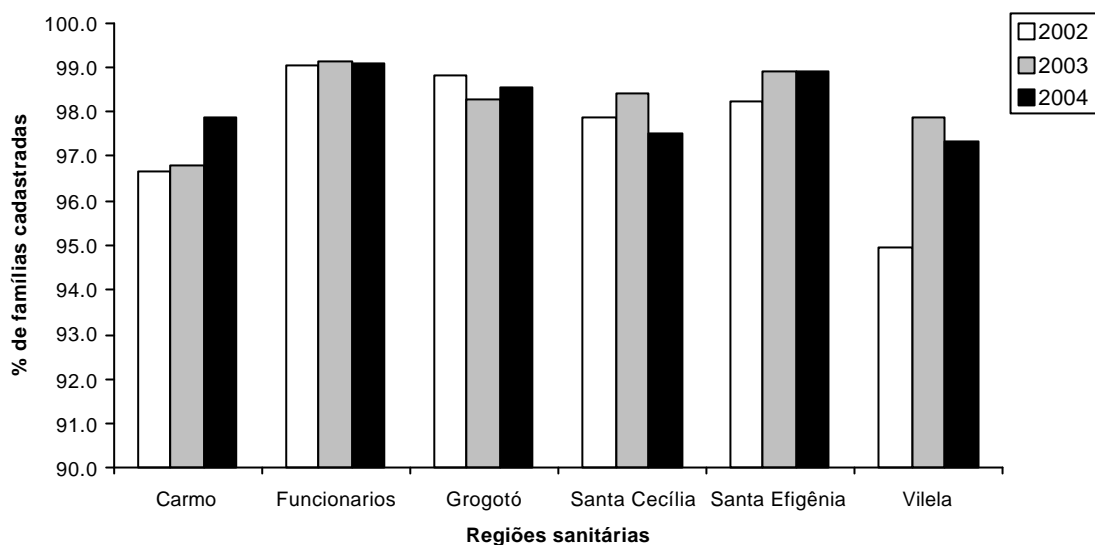


Gráfico 9 – Percentual de famílias cadastradas no PSF com acesso à coleta pública de lixo, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

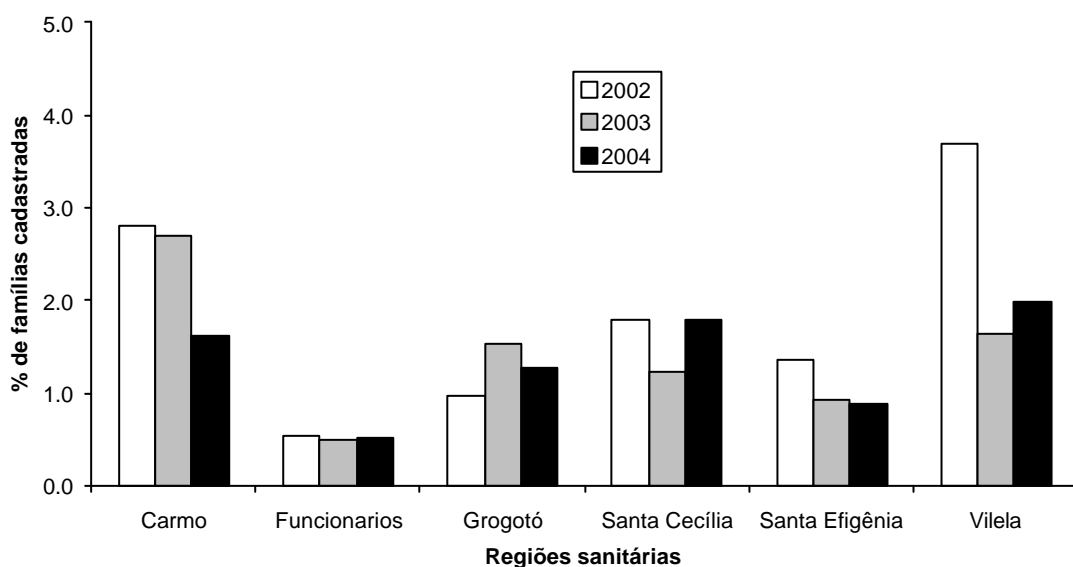


Gráfico 10 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que queimam ou enterram o lixo, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Com relação à deposição de lixo a céu aberto, todas as regiões sanitárias apresentaram reduzidos percentuais de famílias cadastradas, com médias sempre inferiores a 0,85% (Tabela 4). A região Vilela apresentou o maior percentual médio (0,85%) e a região Grogotó, o menor (0,20%) (Tabela 4 e Gráfico 11).

Quanto ao percentual de famílias que faz uso de algum tipo de tratamento da água no domicílio, como filtração, fervura ou cloração, foram registrados elevados percentuais em todas as regiões sanitárias, em todo o período de estudo, com média superior a 97% (Tabela 5). O percentual de famílias que utilizam essa prática manteve-se praticamente estável durante todo o período do estudo (Tabela 5 e Gráfico 12).

A Tabela 6 traz uma síntese da evolução da situação de saneamento básico nas regiões sanitárias, da zona urbana de Barbacena. Com relação ao acesso das famílias à rede pública de abastecimento de água, a região Santa Efigênia iniciou o período de estudo com o maior percentual (98,80%), apresentando discreto aumento no decorrer do período. A região Carmo, apesar de ter apresentado o pior percentual em 2002 (91,31%), passou por um importante aumento (7,09%) no decorrer do período, chegando a uma cobertura de 98,37% em 2004.

O acesso das famílias à rede pública de esgotamento sanitário passou por importantes variações nas regiões Santa Cecília e Carmo. No início do período de estudo a região Santa Cecília ocupava o segundo lugar em relação ao percentual de famílias atendidas pelo serviço de esgotamento sanitário, com uma cobertura de 96,25% das famílias. No decorrer do período, houve decréscimo de 11,43%, havendo, em 2004, cobertura de 84,82% das famílias por esse serviço.

Comportamento inverso foi observado na região Carmo, onde entre o período de março de 2002 a março de 2004 houve acréscimo de 5,37% no percentual de famílias com acesso à rede pública de esgotamento sanitário.

O percentual de famílias com acesso à coleta pública de resíduos sólidos apresentou maior variação na região sanitária Vilela, havendo um incremento de 2,92% entre os anos de 2002 e 2003 e um leve decréscimo de 0,56% em 2004.

A utilização de algum tipo de tratamento da água no domicílio alcançou elevado percentual em todas as regiões sanitárias durante o período de estudo, não havendo grandes alterações, a não ser pela região Santa Cecília que apresentou aumento de 1,84% no percentual de famílias que utilizam essa prática.

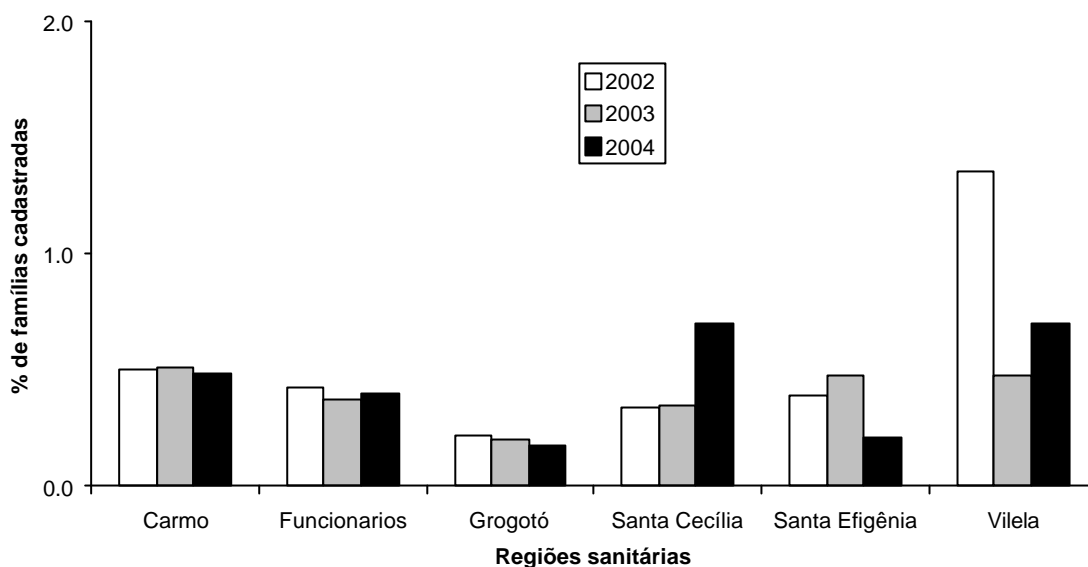


Gráfico 11 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que despeja o lixo à céu aberto, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Tabela 5 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo a utilização de algum tratamento da água no domicílio e a região sanitária do PSF, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Regiões Sanitárias | Tratamento da Água no Domicílio <sup>(1)</sup> |       |         |       |         |       | Média |
|--------------------|--|-------|---------|-------|---------|-------|-------|
|                    | 2002   |       | 2003    |       | 2004    |       |       |
|                    | Nº fam.  | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       |
| Carmo              | 2.807  | 98,73 | 2.830   | 98,88 | 2.253   | 98,84 | 98,85 |
| Funcionários       | 3.182  | 98,33 | 3.438   | 98,93 | 2.264   | 98,82 | 98,69 |
| Grogotó            | 3.078  | 97,4  | 3.371   | 97,71 | 3.375   | 98,17 | 97,76 |
| Santa Cecília      | 2.262  | 96,38 | 2.535   | 97,88 | 1.986   | 98,22 | 97,49 |
| Santa Efigênia     | 4.341  | 98,46 | 4.818   | 98,87 | 4.333   | 98,99 | 98,77 |
| Vilela             | 4.871  | 97,48 | 5.347   | 98,74 | 4.633   | 98,64 | 98,29 |

Nota: as formas de tratamento da água no domicílio incluem cloração, fervura e filtração.

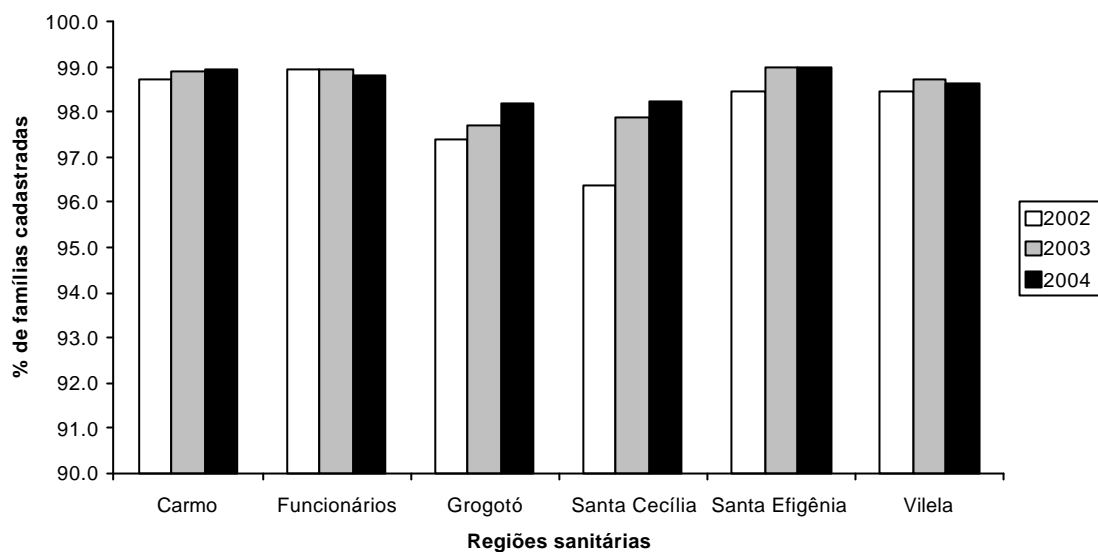


Gráfico 12 – Percentual de famílias cadastradas no PSF que fazem algum tipo de tratamento da água no domicílio, segundo a região sanitária, zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Tabela 6 – Evolução da situação de saneamento básico nas regiões sanitárias, pertencentes à zona urbana, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Região Sanitária | Rede Pública de Água |                    |       | Esgotamento Sanitário |       |       | Coleta Pública de Lixo |      |      | Tratamento Domiciliar da Água |      |      |
|------------------|----------------------|--------------------|-------|-----------------------|-------|-------|------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|
|                  | 2002                 | 2003               | 2004  | 2002                  | 2003  | 2004  | 2002                   | 2003 | 2004 | 2002                          | 2003 | 2004 |
| Carmo            | - <sup>(1)</sup>     | >>> <sup>(2)</sup> | >>>>> | -                     | >     | >>>>> | +                      | >    | >    | +++++                         | >    | <    |
| Funcionários     | ++                   | >                  | >     | +++++                 | >>    | >     | +++++                  | >    | <    | +++                           | >    | <    |
| Grogotó          | +                    | >                  | >     | +++                   | >     | >     | +++                    | <    | >    | +                             | >    | <    |
| Santa Cecília    | ++++                 | >                  | <     | +++                   | <<<<< | <<<<< | ++                     | >    | <    | -                             | >    | >    |
| Santa Efigênia   | +++++                | >                  | >     | ++                    | >     | <     | +++                    | >    | =    | ++++                          | <    | >    |
| Vilela           | +++                  | <                  | >     | +                     | >>    | <     | -                      | >>>  | <    | ++                            | >    | <    |

Nota: (1) a gradação (+) (-) indica a posição relativa de cada região sanitária no início do período de estudo, em termos de cobertura dos serviços e da prática de tratamento domiciliar da água; e (2) a gradação (>) (<) (=) indica a evolução relativa, para melhor, pior ou igual, dos serviços e da prática de tratamento domiciliar da água em cada região sanitária ao longo do período de estudo.

Ressalta-se que, de maneira geral, as regiões sanitárias Santa Efigênia e Funcionários, apresentaram os maiores percentuais de atendimento das famílias cadastradas no PSF, por serviços de abastecimento público de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, o que caracteriza essas regiões como as de melhores condições de saneamento. Em contrapartida, as regiões sanitárias Carmo e Vilela caracterizaram-se por apresentar condições um pouco inferiores de saneamento, quando comparadas às regiões acima citadas. Em situação intermediária, situam-se as regiões sanitárias Grogotó e Santa Cecília.

Independentemente das dificuldades apontadas para realizar a caracterização da situação de saneamento das regiões sanitárias do PSF, as categorias ‘rede pública’, ‘esgotamento sanitário’, ‘coleta pública de lixo’ e ‘cloração, fervura ou filtração’, que correspondem, respectivamente, às variáveis abastecimento de água, destino de fezes e urina, destino do lixo e tratamento da água no domicílio, indicariam as melhores condições de saneamento.

Essa condição estaria relacionada ao fato de que, no caso do abastecimento de água, o acesso das famílias cadastradas a ‘rede pública’ apresentaria, a princípio, a garantia de acompanhamento da qualidade da água distribuída, realizado pelo DEMA. Da mesma forma, o acesso ao ‘esgotamento sanitário’ e à ‘coleta pública de lixo’ representaria menor exposição da população ao esgoto doméstico e ao lixo, pelo menos no entorno do domicílio. Considerando o tratamento da água no domicílio, esta prática pode representar uma garantia adicional da qualidade da água consumida.

## **5.2. Situação de saneamento básico de três distritos do município de Barbacena sob cobertura do PSF**

A cobertura do PSF no município de Barbacena abrange também outros distritos, entendidos na gestão do programa como a zona rural do município. Para a cobertura desta área existem equipes que atendem, cada uma, a um dos distritos a seguir: Correia de Almeida, Padre Brito (que atende também ao distrito Colônia Rodrigo Silva), Pinheiro Grosso, São Sebastião dos Torres e Senhora das Dores. A análise da situação de saneamento básico foi realizada com dados correspondentes a três desses distritos, Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora das Dores, também a partir do SIAB. Ressalta-se que as equipes de PSF atendem a famílias residentes no aglomerado urbano de cada distrito e também a famílias residentes na área rural (propriedades rurais).

No período analisado, houve aumento no número de famílias cadastradas no PSF nos três distritos. Em Correia de Almeida, o significativo aumento de 38% pode ser explicado pela ampliação da área de cobertura da equipe do PSF nessa região, incorporando o distrito de Torres cuja equipe foi extinta em 2003 (Tabela 7 e Gráfico 13).

Tabela 7 – Número de famílias cadastradas no PSF segundo o ano e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distritos          | Ano   |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|
|                    | 2002  | 2003  | 2004  |
| Correia de Almeida | 828   | 852   | 1.407 |
| Padre Brito        | 1.012 | 1.027 | 1.035 |
| Senhora das Dores  | 744   | 754   | 757   |

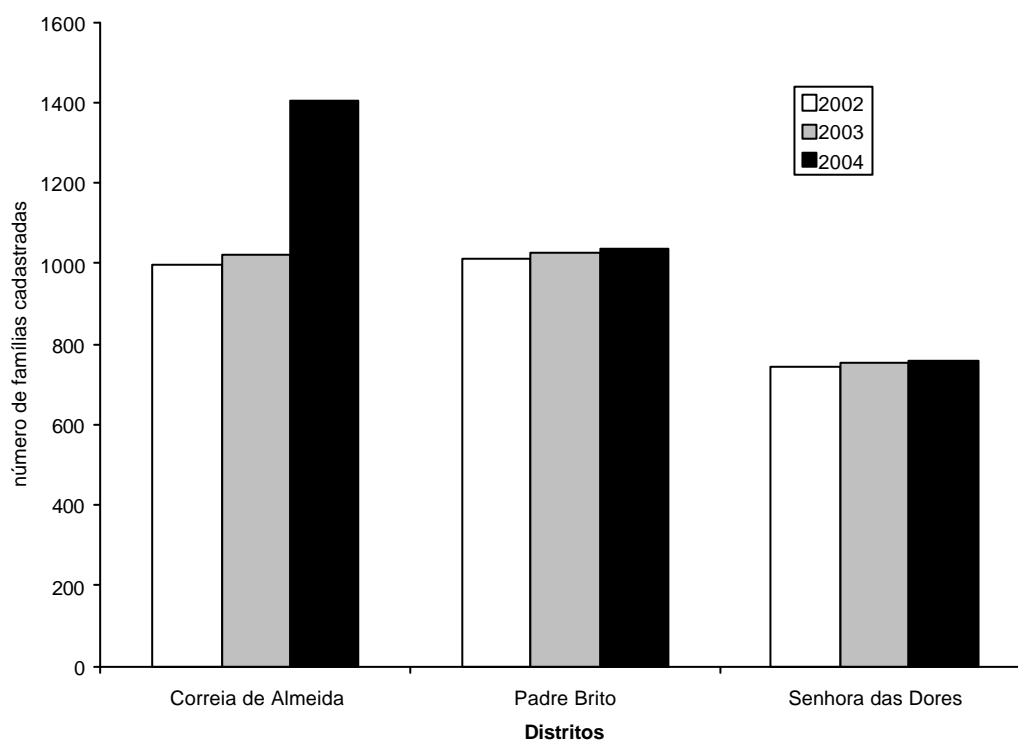


Gráfico 13 – Número de famílias cadastradas no PSF, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Com relação ao acesso à rede pública de abastecimento de água, a cobertura das famílias dos distritos é bem menor que a registrada para a zona urbana. Nos distritos, os valores médios encontrados variaram de 27,89% a 59,35% (Tabela 8), enquanto para a zona urbana, os valores médios foram superiores a 94% (Tabela 2).

Entretanto, é de se destacar a cobertura registrada em Correia de Almeida, alcançando 69,69% em 2002 (Tabela 8 e Gráfico 14), o que poderia ser explicado pela provável melhor organização dos serviços públicos disponíveis no aglomerado urbano desse distrito, uma vez que apresenta maior população (1.940 habitantes), quando comparado a Padre Brito (296 habitantes) e Senhora das Dores (975 habitantes).

O distrito Correia de Almeida apresentou significativo decréscimo (38%) no percentual de famílias cadastradas abastecidas pela rede pública, no entanto, permanecendo ao final do período de estudo com o maior percentual de famílias atendidas por este serviço (44,63%), à frente dos distritos Padre Brito (35,46) e Senhora das Dores (28,4%) (Tabela 8 e Gráfico 14).

Em Padre Brito foi observado um acréscimo de 8,09% no percentual de famílias cadastradas abastecidas pela rede pública (Tabela 8 e Gráfico 14), o que pode ser explicado tanto pelo aumento da cobertura do serviço de abastecimento de água, como pela ampliação no número de famílias cadastradas no PSF (com melhores condições de saneamento), uma vez que todos os distritos apresentaram aumento no percentual de famílias atendidas entre 2002 e 2004 (Tabela 6 e Gráfico 13).

Ressalva deve ser feita com relação às alterações ocorridas em Correia de Almeida, pois a incorporação do distrito de Torres em 2003, como descrito em Materiais e Métodos, pode ter implicado no cadastramento de famílias com piores condições de saneamento, reduzindo, desta forma, o percentual de famílias com acesso à rede pública de abastecimento de água.

Com relação à utilização de água proveniente de poço ou nascente, foram encontrados elevados percentuais de famílias cadastradas (média superior a 54%) (Tabela 8), diferentemente do verificado para a zona urbana, que apresentou médias inferiores a 5% (Tabela 2). Os distritos Senhora das Dores e Padre Brito apresentaram os maiores percentuais médios de famílias cadastradas (71,62% e 68,31%, respectivamente) (Tabela 8), sugerindo que nesses, por serem de menor porte, a organização dos serviços públicos pode ser mais precária. Entretanto, chamamos atenção para o fato de que mesmo no distrito Correia de Almeida o percentual de famílias cadastradas que são abastecidas por água de poço ou nascente é considerável,



Tabela 8 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o abastecimento de água e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distritos          | Abastecimento de Água |       |         |       |         |       |       |                  |       |         |       |         |       |       |         |      |         |      |         |      |       |
|--------------------|-----------------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|------------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|-------|
|                    | Rede Pública          |       |         |       |         |       |       | Poço ou Nascente |       |         |       |         |       |       | Outras  |      |         |      |         |      |       |
|                    | 2002                  |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002             |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002    |      | 2003    |      | 2004    |      | Média |
|                    | Nº fam.               | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam.          | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    |       |
| Correia de Almeida | 577                   | 69,69 | 543     | 63,73 | 628     | 44,63 | 59,35 | 244              | 29,47 | 302     | 35,45 | 765     | 54,37 | 39,76 | 7,0     | 0,85 | 7,0     | 0,82 | 14      | 1,0  | 0,89  |
| Padre Brito        | 277                   | 27,37 | 325     | 31,65 | 367     | 35,46 | 31,49 | 733              | 72,43 | 700     | 68,16 | 666     | 64,35 | 68,31 | 2,0     | 0,2  | 2,0     | 0,19 | 2       | 0,19 | 0,19  |
| Senhora das Dores  | 206                   | 27,69 | 208     | 27,59 | 215     | 28,4  | 27,89 | 534              | 71,77 | 542     | 71,88 | 539     | 71,2  | 71,62 | 4,0     | 0,54 | 4,0     | 0,53 | 3       | 0,40 | 0,49  |

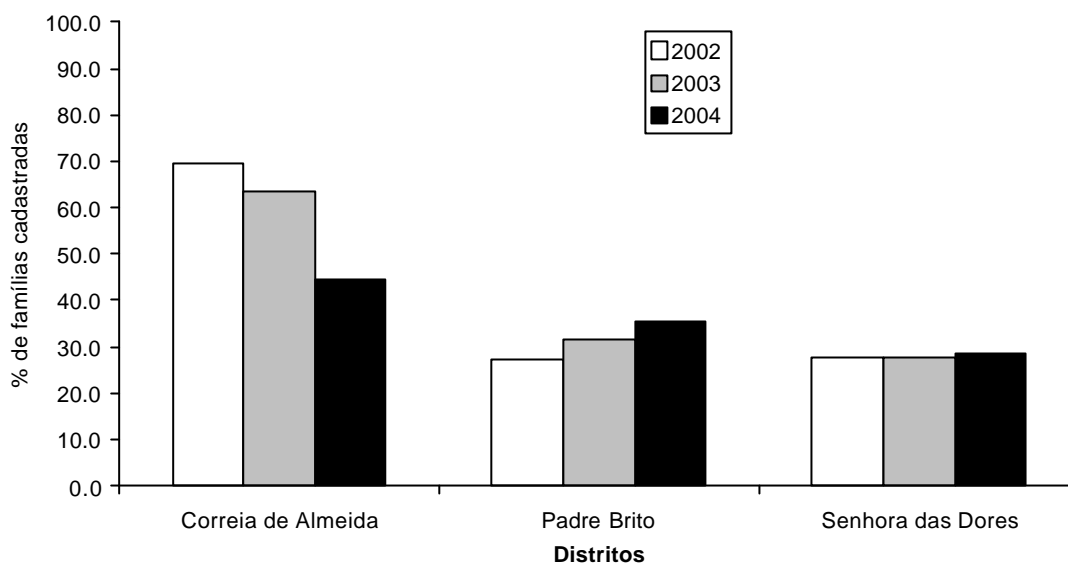


Gráfico 14 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, com acesso à rede pública de abastecimento de água, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

39,76%. Assim, os percentuais elevados identificados para esta categoria de abastecimento de água podem ainda ser justificados pelo fato de que as equipes dos PSF também atendem a famílias residentes em propriedades rurais, onde é comum esta forma de abastecimento.

O distrito Padre Brito apresentou decréscimo (8,08%) no percentual de famílias cadastradas abastecidas por água proveniente de poço ou nascente, o que, conforme já explicado, não significa necessariamente melhoria nos serviços de abastecimento de água no distrito.

A maior variação foi encontrada em Correia de Almeida, onde houve o acréscimo de 24,09% no percentual de famílias cadastradas com esta forma de abastecimento de água, durante o período de estudo (Tabela 8 e Gráfico 15).

Como já discutido anteriormente, deve-se ter cuidado na interpretação dos dados referentes a Correia de Almeida, devido à incorporação de famílias pertencentes ao distrito de Torres, neste caso, provavelmente com piores condições de saneamento.

O percentual de famílias cadastradas que utilizam outras formas de abastecimento de água alcançou percentuais reduzidos, não apresentando valores superiores a 1% (Tabela 8 e Gráfico 16), semelhante ao verificado para a zona urbana. Além disso, os percentuais, para todos os distritos, mantiveram-se praticamente estáveis durante todo o período de estudo. Aqui, conforme discutido para zona urbana, há a dificuldade de se discriminar os tipos de abastecimentos incluídos na categoria “outras formas”.

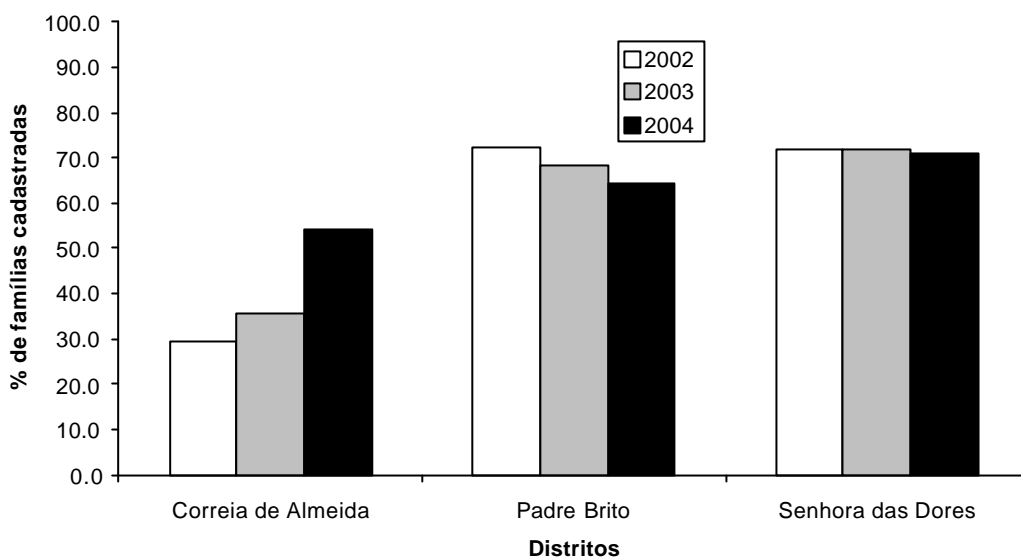


Gráfico 15 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, abastecidas por água proveniente de poço ou nascente, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

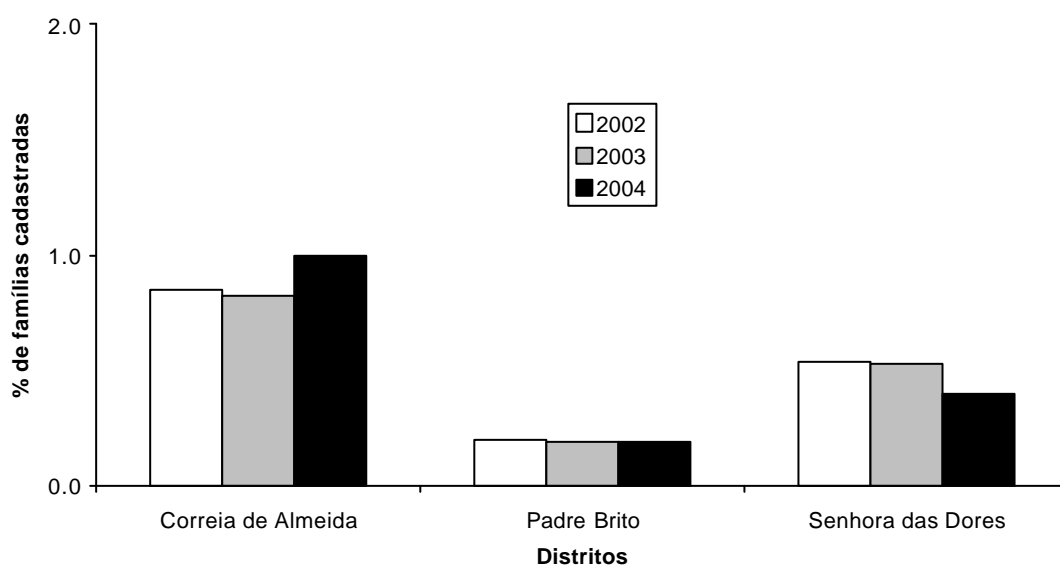


Gráfico 16 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que utilizam outras formas de abastecimento de água, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Com relação à variável destino de fezes e urina nos distritos, a categoria esgotamento sanitário apresentou comportamento similar ao abastecimento por rede pública de água, quando comparada à zona urbana. Assim, os percentuais de famílias cadastradas no PSF com acesso à rede coletora de esgoto foram menores nos distritos (médias variando entre 25 a 63%) do que na zona urbana (médias superiores a 91%) (Tabelas 3 e 9).

O distrito Correia de Almeida apresentou o maior percentual de famílias cadastradas com acesso à rede coletora de esgoto (média de 63,32%) e Senhora das Dores, o menor (média de 25,89%) (Tabela 9). Assim como o discutido para variável abastecimento de água, a provável melhor organização dos serviços públicos disponíveis no aglomerado urbano do distrito Correia de Almeida pode ser o que explique os maiores percentuais de atendimento das famílias cadastradas no PSF desse distrito.

Observa-se que no distrito Correia de Almeida houve decréscimo (4,55%) no percentual de famílias cadastradas com acesso a esgotamento sanitário, passando de 64,82%, em 2002, para 60,27%, em 2004. No distrito Padre Brito, verificamos aumento (8,31%) do percentual de famílias com acesso a este serviço, ou seja, 43,77%, em 2002 e 52,08%, em 2004 (Tabela 9 e Gráfico 17).

O acréscimo na cobertura por rede de esgoto, das famílias cadastradas no PSF do distrito Padre Brito, pode ter sido devido a ampliação desse serviço no distrito ou pela ampliação do número de famílias cadastradas por equipe no PSF. No caso de Correia de Almeida, a variação observada é explicada, provavelmente, pela incorporação no PSF de famílias com piores condições de saneamento, visto que, dificilmente haveria desconexão da rede geral de esgotamento sanitário pelas famílias cadastradas.

A utilização de fossa pelas famílias cadastradas no PSF alcançou, no distrito Padre Brito, o maior percentual (média de 45,14%), enquanto o distrito Correia de Almeida apresentou o menor percentual (média de 15,85%) (Tabela 9). Interessante notar que para essa categoria, os percentuais de famílias cadastradas nos distritos foram mais elevados que os das famílias da zona urbana; nos distritos as médias foram superiores a 15% e na zona urbana as médias foram inferiores a 8% (Tabelas 3 e 9).

Durante o período do estudo, o distrito Correia de Almeida apresentou acréscimo (10,43%) no percentual de famílias cadastradas que utilizam fossa, em contrapartida o distrito Padre Brito apresentou decréscimo de 5,51% (Tabela 9 e Gráfico 18). Essas alterações corroboram a discussão anterior, indicando que na ampliação do

Tabela 9 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino de fezes e urina e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distritos          | Destino de Fezes e Urina |       |         |       |         |       |       |         |       |         |       |         |       |       |            |       |         |       |         |       |       |
|--------------------|--------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|
|                    | Rede Pública             |       |         |       |         |       |       | Fossa   |       |         |       |         |       |       | Céu Aberto |       |         |       |         |       |       |
|                    | 2002                     |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002    |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002       |       | 2003    |       | 2004    |       | Média |
|                    | Nº fam.                  | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam.    | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       |
| Correia de Almeida | 617                      | 64,82 | 637     | 64,87 | 848     | 60,27 | 63,32 | 78      | 11,96 | 95      | 13,21 | 315     | 22,39 | 15,85 | 133        | 23,22 | 120     | 21,92 | 244     | 17,34 | 20,83 |
| Padre Brito        | 443                      | 43,77 | 513     | 49,95 | 539     | 52,08 | 48,6  | 487     | 48,12 | 459     | 44,69 | 441     | 42,61 | 45,14 | 82         | 8,10  | 55      | 5,36  | 55      | 5,31  | 6,26  |
| Senhora das Dores  | 187                      | 25,13 | 189     | 25,07 | 196     | 25,89 | 25,36 | 270     | 36,29 | 279     | 37,08 | 275     | 36,33 | 36,57 | 287        | 38,58 | 286     | 37,93 | 286     | 37,78 | 38,10 |

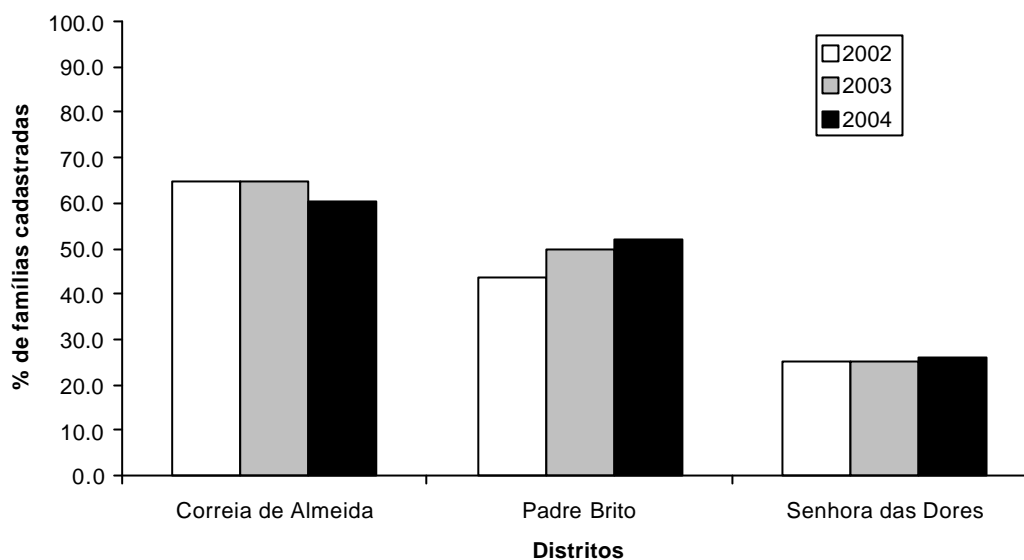


Gráfico 17 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que tem acesso à rede pública de esgotamento sanitário, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

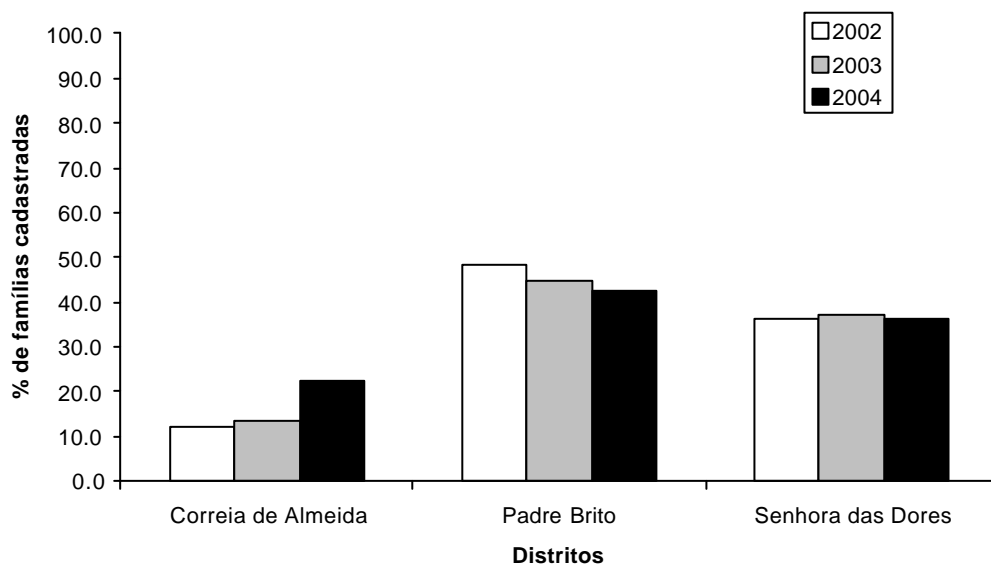


Gráfico 18 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que utilizam fossa, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

número de famílias cadastradas por equipe do PSF, pode ter havido a incorporação de famílias com piores ou melhores condições de saneamento.

A prática de se despejar fezes e urina a céu aberto alcançou o maior e o menor percentual médio entre as famílias cadastradas no PSF de Senhora das Dores (38,10%) e de Padre Brito (6,26%), respectivamente (Tabela 9). Também neste caso, há notável distinção entre os percentuais médios observados nos distritos (entre 6% e 38%) e aqueles observados na zona urbana (entre 0,6% e 3,8%), conforme Tabelas 3 e 9.

Houve decréscimo no percentual de famílias cadastradas que utilizam essa prática nos três distritos: Correia de Almeida (5,88%), Padre Brito (2,79%) e Senhora das Dores (0,8%) (Tabela 9 e Gráfico 19); entretanto, em função da ampliação do número de famílias cadastradas por equipe, isso não significa, necessariamente, melhorias nas condições de acesso aos serviços de saneamento.

Considerando o acesso das famílias cadastradas no PSF à coleta pública de lixo, observamos que também para esta variável os percentuais foram inferiores àqueles registrados para a zona urbana. No caso dos distritos, as médias variaram entre 32,46% e 62,39%, enquanto na zona urbana os valores médios foram superiores a 96,72% (Tabelas 4 e 10).

O distrito Correia de Almeida também foi o que apresentou os maiores percentuais de cobertura (em média, 62,39%), e o distrito Senhora das Dores, os menores (em média, 32,46%) (Tabela 10).

Durante o período de estudo houve acréscimo no percentual de famílias cadastradas com acesso ao serviço público de coleta de lixo em Padre Brito (6,9%) e Senhora das Dores (0,77%). No distrito Correia de Almeida ocorreu, por outro lado, decréscimo (25,28%) no percentual de famílias atendidas por esse serviço (Tabela 10 e Gráfico 20).

As alterações observadas em Padre Brito e Senhora das Dores podem ser devido tanto à ampliação do número de famílias cadastradas no PSF desses distritos, com incorporação de famílias com melhores condições de acesso à serviços de saneamento, como pela ampliação da cobertura das famílias cadastradas pela rede pública de coleta de lixo. No caso de Correia de Almeida, como já ressaltado anteriormente, deve ser levada em consideração a incorporação pelo PSF desse distrito, das famílias pertencentes ao distrito de Torres, o que pode ter implicado no aumento do número de famílias com piores condições de saneamento.

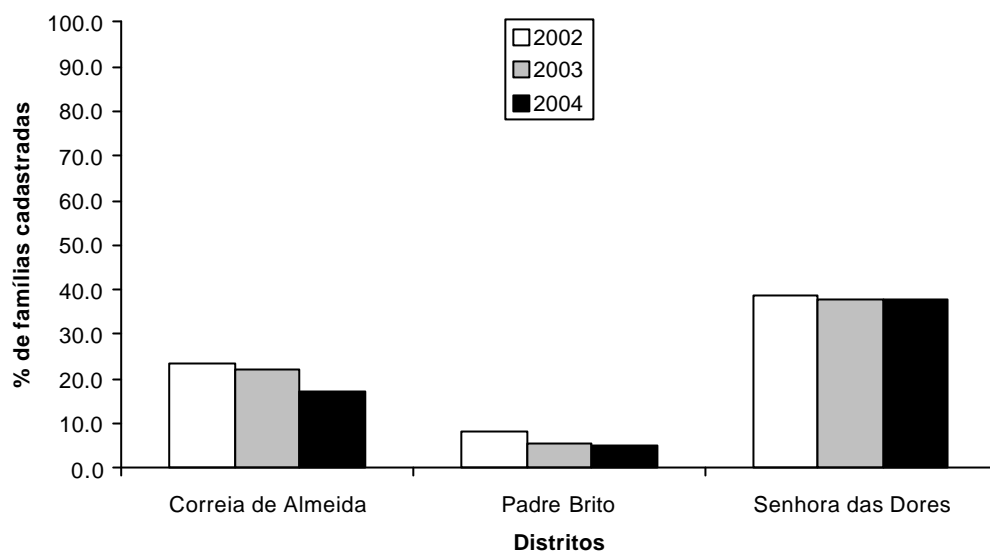


Gráfico 19 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que despejam fezes e urina a céu aberto, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

A prática de se enterrar ou queimar o lixo alcançou percentuais elevados entre as famílias cadastradas no PSF, notadamente no distrito Senhora das Dores (média 64,52%) (Tabela 10). Esta prática também foi bem mais evidente nos distritos do que na zona urbana; no primeiro caso as médias foram superiores a 33,58%, enquanto no segundo, foram inferiores a 2,43% (Tabelas 4 e 10).

Os distritos Padre Brito e Senhora das Dores apresentaram decréscimo de 5,22% e 0,32% respectivamente no percentual de famílias cadastradas que utilizam essa prática, o que, conforme explicado anteriormente, não indica, necessariamente, melhorias nas condições de saneamento desses distritos.

O distrito Correia de Almeida apresentou um acréscimo de 24,16% (Tabela 10 e Gráfico 21). Essa alteração, como já exposto, pode ser explicada pela ampliação do número de famílias atendidas pela equipe de PSF de Correia de Almeida, com incorporação de famílias com precárias condições de saneamento.

Os percentuais de famílias cadastradas no PSF dos distritos que despejam o lixo a céu aberto não foram elevados, sendo o maior valor médio verificado para o distrito Correia de Almeida (4,04%) (Tabela 10). Entretanto, quando comparados à zona urbana, os percentuais médios verificados para os distritos foram superiores, com as médias variando entre 3,02% e 4,04%, enquanto na zona urbana as médias foram sempre inferiores a 0,85% (Tabelas 4 e 10).



Tabela 10 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo o destino do lixo e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distritos          | Destino do Lixo |       |         |       |         |       |       |                       |       |         |       |         |       |       |            |      |         |      |         |      |       |
|--------------------|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-----------------------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|------------|------|---------|------|---------|------|-------|
|                    | Rede Pública    |       |         |       |         |       |       | Queimado ou Enterrado |       |         |       |         |       |       | Céu aberto |      |         |      |         |      |       |
|                    | 2002            |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002                  |       | 2003    |       | 2004    |       | Média | 2002       |      | 2003    |      | 2004    |      | Média |
|                    | Nº fam.         | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam.               | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       | Nº fam.    | %    | Nº fam. | %    | Nº fam. | %    |       |
| Correia de Almeida | 603             | 72,83 | 569     | 66,78 | 669     | 47,55 | 62,39 | 196                   | 23,67 | 249     | 29,23 | 673     | 47,83 | 33,58 | 29         | 3,5  | 34      | 3,99 | 65      | 4,62 | 4,04  |
| Padre Brito        | 484             | 47,83 | 547     | 53,26 | 567     | 54,78 | 51,96 | 484                   | 47,83 | 452     | 44,01 | 441     | 42,61 | 44,82 | 44         | 4,35 | 28      | 2,73 | 27      | 2,61 | 3,23  |
| Senhora das Dores  | 240             | 32,26 | 242     | 32,1  | 250     | 33,03 | 32,46 | 480                   | 64,52 | 489     | 64,85 | 486     | 64,2  | 64,52 | 24         | 3,23 | 23      | 3,05 | 21      | 2,77 | 3,02  |

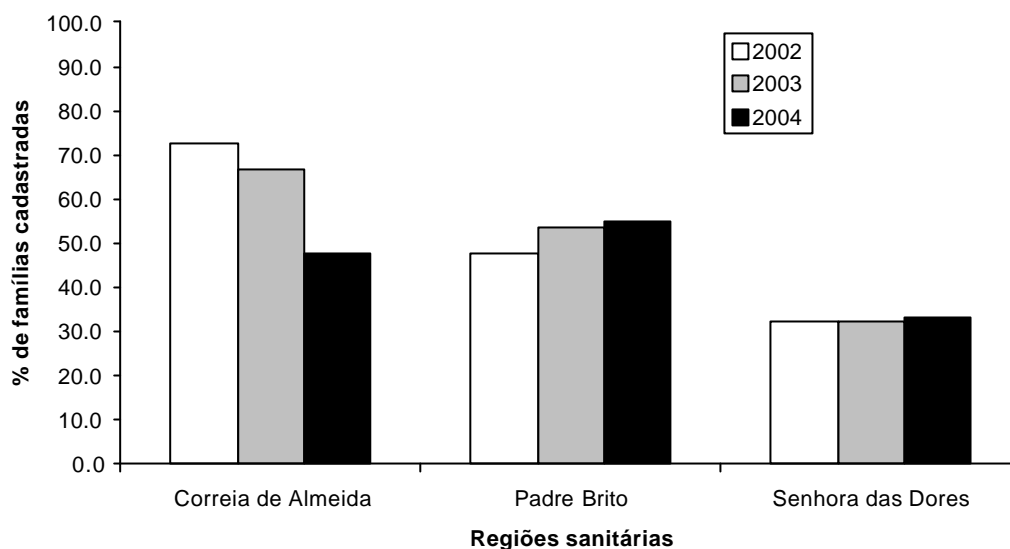


Gráfico 20 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, com acesso à rede pública de coleta de lixo, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

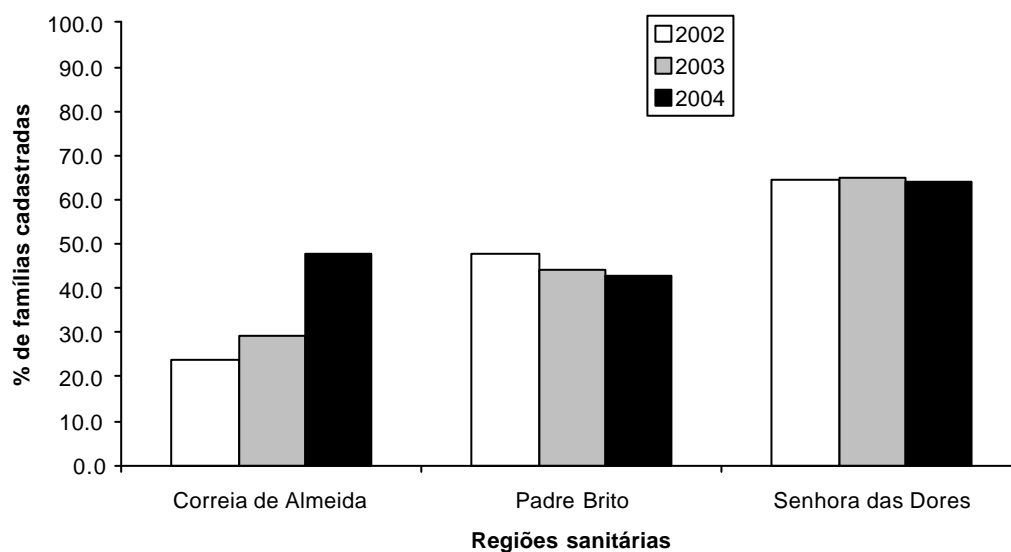


Gráfico 21 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que queimam ou enterram o lixo segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

Durante o período de estudo houve redução na utilização dessa prática pelas famílias cadastradas nos três distritos, Correia de Almeida (1,12%), Padre Brito (1,74%) e Senhora das Dores (0,46%) (Tabela 10 e Gráfico 22), o que devido à ampliação do número de famílias cadastradas, pode representar incorporação de famílias com melhores condições de saneamento ou ampliação no atendimento das famílias pelo serviço de coleta pública de lixo.

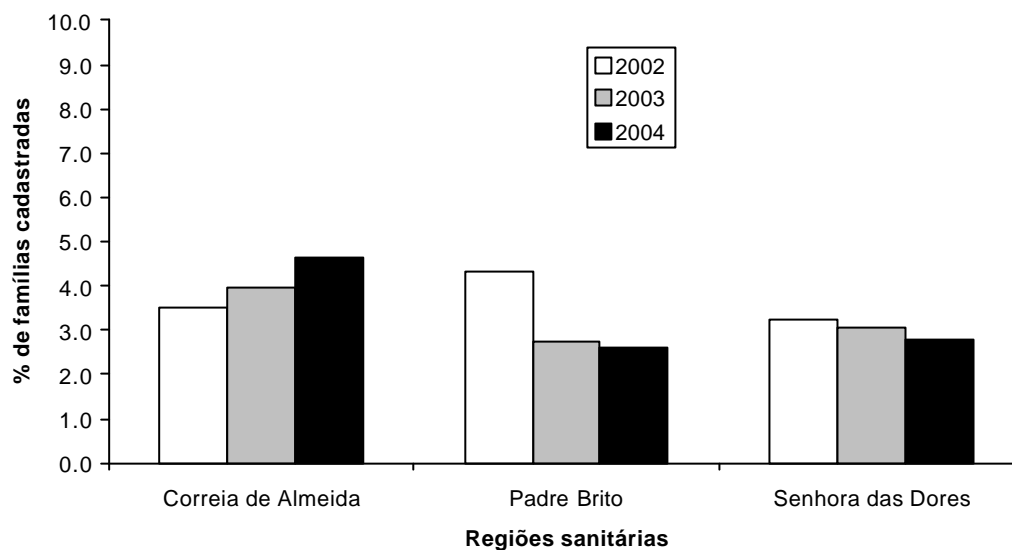


Gráfico 22 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que despejam o lixo à céu aberto, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

O percentual de famílias cadastradas no PSF, que fazem algum tipo de tratamento da água no domicílio, seja cloração, fervura ou filtração, foi, em geral, elevado, atingindo sempre valores médios superiores a 84% (Tabela 11), semelhante ao verificado para a zona urbana. Durante o período de estudo, houve discreto incremento no percentual de famílias cadastradas que utilizam essa prática nos distritos de Padre Brito (0,15%) e Senhora das Dores (0,32%) e um decréscimo no distrito de Correia de Almeida (2,17%) (Tabela 11 e Gráfico 23).

Ressaltamos que as alterações ocorridas podem estar relacionadas à incorporação de famílias cadastradas, que podem ou não ter o hábito de realizar o tratamento domiciliar da água.

Tabela 11 – Número, percentual e médias de famílias cadastradas segundo a utilização de algum tratamento da água no domicílio e o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distritos          | Tratamento da Água no Domicílio <sup>(1)</sup> |       |         |       |         |       | Média |
|--------------------|--|-------|---------|-------|---------|-------|-------|
|                    | 2002   |       | 2003    |       | 2004    |       |       |
|                    | Nº fam.  | %     | Nº fam. | %     | Nº fam. | %     |       |
| Correia de Almeida | 720  | 86,96 | 697     | 81,81 | 1193    | 84,79 | 84,52 |
| Padre Brito        | 940  | 92,89 | 957     | 93,18 | 963     | 93,04 | 93,04 |
| Senhora das Dores  | 720  | 96,77 | 731     | 96,95 | 735     | 97,09 | 96,94 |

Nota: as formas de tratamento da água no domicílio incluem cloração, fervura e filtração.

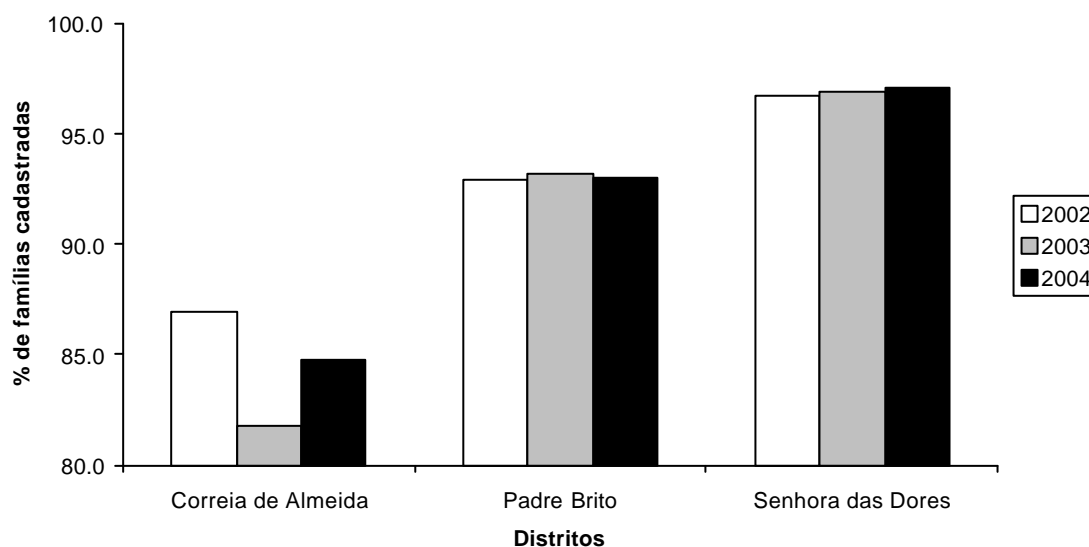


Gráfico 23 – Percentual de famílias cadastradas no PSF, que fazem uso de algum tipo de tratamento da água no domicílio, segundo o distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

A Tabela 12 traz uma síntese da evolução da situação de saneamento básico nos três distritos do município de Barbacena que foram objeto deste estudo. As famílias do distrito Correia de Almeida apresentaram, no início de estudo, o maior percentual (69,69%) de acesso ao abastecimento público de água, em contrapartida no distrito Padre Brito somente 27,27% das famílias tinham acesso a esse serviço em 2002. Durante o período de estudo, março de 2002 a março de 2004, observou-se em Correia de Almeida um decréscimo bastante acentuado (25,06%) no percentual de famílias abastecidas pela rede pública. Já em Padre Brito observou-se aumento (8,09%) no percentual de famílias cobertas pela rede pública de abastecimento de água.

Tabela 12 – Evolução da situação de saneamento básico nos três distritos analisados, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distritos          | Rede Pública de Água |       |       | Esgotamento Sanitário |       |       | Coleta Pública de Lixo |       |       | Tratamento Domiciliar da Água |       |      |
|--------------------|----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------------------------------|-------|------|
|                    | 2002                 | 2003  | 2004  | 2002                  | 2003  | 2004  | 2002                   | 2003  | 2004  | 2002                          | 2003  | 2004 |
| Correia de Almeida | ++                   | <<<<< | <<<<< | ++                    | >     | <<<<< | ++                     | <<<<< | <<<<< | -                             | <<<<< | <<<  |
| Padre Brito        | -                    | >>>>> | >>>>  | +                     | >>>>> | >>>   | +                      | >>>>> | >     | +                             | >     | <    |
| Senhora das Dores  | +                    | <     | >     | -                     | <     | >     | -                      | <     | >     | ++                            | >     | <    |

Nota: (1) a gradação (+) (-) indica a posição relativa de cada região sanitária no início do período de estudo, em termos de cobertura dos serviços e da prática de tratamento domiciliar da água; e (2) a gradação (>) (<) (=) indica a evolução relativa, para melhor, pior ou igual, dos serviços e da prática de tratamento domiciliar da água em cada região sanitária ao longo do período de estudo.

A cobertura das famílias pela rede pública de esgotamento sanitário também passou por um decréscimo (4,55%) em Correia de Almeida durante o período de estudo e um aumento (8,31%) em Padre Brito.

O acesso das famílias a serviços públicos de coleta de lixo apresentou comportamento semelhante, ou seja, redução (25,28%) no percentual de famílias atendidas em Correia de Almeida e aumento (6,95%) em Padre Brito.

A prática de submeter a água a algum tipo de tratamento no domicílio é bastante difundida entre as famílias residentes nos três distritos, não havendo grandes alterações, na utilização desta prática pelas famílias durante o período estudado.

Vale ressaltar que apesar do distrito Correia de Almeida ter apresentado, no decorrer do período estudado, uma redução no percentual de atendimento das famílias cadastradas no PSF e atendidas por serviços públicos de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo) esse distrito apresentou sempre os maiores percentuais médios de atendimento. Por outro lado, Senhora das Dores foi o distrito que apresentou as menores variações entre março de 2003 e março de 2004, sendo, entretanto, caracterizado como o de piores condições gerais de saneamento.

### **5.3. Avaliação dos dados relativos ao controle da qualidade da água dos sistemas de abastecimento do município de Barbacena**

A análise dos dados relativos ao controle da qualidade da água para consumo humano no município de Barbacena compreendeu a avaliação dos sistemas ETA I, ETA II, ETA III, ETA IV e ETA V. Conforme já descrito, os dois primeiros (ETA I e ETA II) abastecem a área urbana do distrito sede do município e os demais, os distritos de Correia de Almeida (ETA III), Padre Brito (ETA IV) e Senhora das Dores (ETA V). Para facilitar a análise dos dados, esta foi dividida em ‘atendimento aos planos de amostragem’ e ‘qualidade da água’.

#### **5.3.1. Atendimento aos planos de amostragem**

De acordo com as exigências da Portaria MS nº 518/2004, os planos de amostragem mínimos para os sistemas de abastecimento em estudo seriam aqueles descritos nos Quadros 10 a 14.

Como relatado em Material e Métodos, os pontos de coleta das amostras utilizados neste estudo foram os reservatórios de distribuição localizados junto às ETAs (saída do tratamento/entrada no sistema de distribuição) e pontos das redes de distribuição. Para efeito deste trabalho, os pontos de coleta nos reservatórios foram considerados como ‘saída do tratamento’.

A partir da análise dos dados disponibilizados pelo DEMAÉ e com base nas informações contidas nos quadros acima, foi verificado se os planos de amostragem dos sistemas de abastecimento atendiam ao preconizado pela Portaria MS nº 518/2004. Esta análise está apresentada nas Tabelas 13 a 17.

Quadro 10 – Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA I<sup>(1)</sup>, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Parâmetro            | Saída do Tratamento |                   | Rede de Distribuição |            |
|----------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|
|                      | Número              | Frequência        | Número               | Frequência |
| Turbidez             | 1                   | a cada duas horas | 14                   | mensal     |
| Cloro residual livre | 1                   | a cada duas horas | 64                   | mensal     |
| Coliformes           | 2                   | Semanal           | 64                   | mensal     |

Nota: (1) a ETA I abastece, aproximadamente, 70% da população da área urbana do distrito sede de Barbacena. Considerando os dados do Censo Demográfico de 2001 (IBGE, 2001), a população estimada abastecida por este sistema é de 67.128 habitantes.

Quadro 11 – Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA II<sup>(1)</sup>, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Parâmetro            | Saída do Tratamento |                   | Rede de Distribuição |            |
|----------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|
|                      | Número              | Frequência        | Número               | Frequência |
| Turbidez             | 1                   | a cada duas horas | 10                   | mensal     |
| Cloro residual livre | 1                   | a cada duas horas | 10                   | mensal     |
| Coliformes           | 2                   | Semanal           | 10                   | mensal     |

Nota: (1) a ETA II abastece, aproximadamente, 30% da população da área urbana do distrito sede de Barbacena. Considerando os dados do Censo Demográfico de 2001 (IBGE, 2001), a população estimada abastecida por este sistema é de 28.769 habitantes.

Quadro 12 – Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA III<sup>(1)</sup>, distrito Correia de Almeida, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Parâmetro            | Saída do Tratamento |                   | Rede de Distribuição |            |
|----------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|
|                      | Número              | Frequência        | Número               | Frequência |
| Turbidez             | 1                   | a cada duas horas | 10                   | mensal     |
| Cloro residual livre | 1                   | a cada duas horas | 10                   | mensal     |
| Coliformes           | 2                   | Semanal           | 10                   | mensal     |

Nota: (1) a ETA III abastece a população urbana do distrito Correia de Almeida, sendo esta de 1.940 habitantes, segundo o Censo Demográfico de 2001 (IBGE, 2001).

Quadro 13 – Freqüência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA IV<sup>(1)</sup>, distrito Padre Brito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Parâmetro            | Saída do Tratamento |            | Rede de Distribuição |            |
|----------------------|---------------------|------------|----------------------|------------|
|                      | Número              | Freqüência | Número               | Freqüência |
| Turbidez             | 1                   | diária     | 5                    | mensal     |
| Cloro residual livre | 1                   | diária     | 10                   | mensal     |
| Coliformes           | 2                   | semanal    | 10                   | mensal     |

Nota: (1) a ETA III abastece a população urbana do distrito Padre Brito, sendo esta de 296 habitantes, segundo o Censo Demográfico de 2001 (IBGE, 2001).

Quadro 14 – Freqüência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água do sistema de abastecimento ETA V<sup>(1)</sup> distrito Senhora das Dores, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Parâmetro            | Saída do Tratamento |            | Rede de Distribuição |            |
|----------------------|---------------------|------------|----------------------|------------|
|                      | Número              | Freqüência | Número               | Freqüência |
| Turbidez             | 1                   | diária     | 5                    | mensal     |
| Cloro residual livre | 1                   | diária     | 10                   | mensal     |
| Coliformes           | 2                   | semanal    | 10                   | mensal     |

Nota: (1) a ETA III abastece a população urbana do distrito Senhora das Dores, sendo esta de 975 habitantes, segundo o Censo Demográfico de 2001 (IBGE, 2001).

Considerando a saída do tratamento, o atendimento ao preconizado no plano de amostragem para os parâmetros turbidez, cloro residual livre (CRL) e coliformes, ocorreu em, respectivamente, 60%, 60% e 100% dos meses trabalhados neste estudo (março de 2002 a março de 2004). Destaca-se que para coliformes, o monitoramento superou, em vários momentos, o valor mínimo exigido, com Índice de Coleta (IC) de até 287,5%. Na rede de distribuição, o atendimento aos planos mínimos de amostragem para os parâmetros turbidez, CRL e coliformes ocorreu em, respectivamente, 92%, 16% e 16% dos meses analisados. Na rede, destacam-se o intenso monitoramento para turbidez, mas, em contrapartida, o precário monitoramento para CRL e coliformes. Percebe-se, de forma geral, que o monitoramento realizado na saída do tratamento atendeu de forma mais satisfatória ao plano de amostragem do que aquele realizado na rede de distribuição, com exceção do parâmetro turbidez.



Tabela 13 – Verificação do atendimento ao plano mínimo de amostragem, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA I, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano | Saída do Tratamento      |                     |                |      |            |      | Rede de Distribuição |      |                |      |            |      |
|---------|--------------------------|---------------------|----------------|------|------------|------|----------------------|------|----------------|------|------------|------|
|         | Turbidez                 |                     | Cloro residual |      | Coliformes |      | Turbidez             |      | Cloro residual |      | Coliformes |      |
|         | IC <sup>(1)</sup><br>(%) | A/NA <sup>(2)</sup> | IC<br>(%)      | A/NA | IC<br>(%)  | A/NA | IC<br>(%)            | A/NA | IC<br>(%)      | A/NA | IC<br>(%)  | A/NA |
| Mar/02  | 99,5                     | NA                  | 99,5           | NA   | 275,0      | A    | 278,6                | A    | 60,9           | NA   | 60,9       | NA   |
| Abr/02  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 275,0      | A    | 307,1                | A    | 67,2           | NA   | 67,2       | NA   |
| Mai/02  | 98,0                     | NA                  | 98,            | NA   | 262,5      | A    | 307,1                | A    | 67,2           | NA   | 67,2       | NA   |
| Jun/02  | 99,4                     | NA                  | 98,9           | NA   | 212,5      | A    | 50,0                 | NA   | 10,9           | NA   | 10,9       | NA   |
| Jul/02  | 99,5                     | NA                  | 99,5           | NA   | 287,5      | A    | 264,3                | A    | 57,8           | NA   | 57,8       | NA   |
| Ago/02  | 99,7                     | NA                  | 99,7           | NA   | 275,0      | A    | 0,0                  | NA   | 112,5          | A    | 112,5      | A    |
| Set/02  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 275,0      | A    | 128,6                | A    | 110,9          | A    | 110,9      | A    |
| Out/02  | 99,7                     | NA                  | 99,7           | NA   | 287,5      | A    | 478,6                | A    | 104,7          | A    | 104,7      | A    |
| Nov/02  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 237,5      | A    | 371,4                | A    | 81,3           | NA   | 81,3       | NA   |
| Dez/02  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 250,0      | A    | 278,6                | A    | 60,9           | NA   | 60,9       | NA   |
| Jan/03  | 96,5                     | NA                  | 96,5           | NA   | 275,0      | A    | 400,0                | A    | 87,5           | NA   | 87,5       | NA   |
| Fev/03  | 92,8                     | NA                  | 92,8           | NA   | 225,0      | A    | 242,8                | A    | 53,1           | NA   | 53,1       | NA   |
| Mar/03  | 99,7                     | NA                  | 99,7           | NA   | 225,0      | A    | 271,4                | A    | 59,4           | NA   | 59,4       | NA   |
| Abr/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 250,0      | A    | 271,4                | A    | 59,4           | NA   | 59,4       | NA   |
| Mai/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 262,5      | A    | 300,0                | A    | 65,6           | NA   | 65,6       | NA   |
| Jun/03  | 98,3                     | NA                  | 98,3           | NA   | 225,0      | A    | 278,6                | A    | 60,9           | NA   | 60,9       | NA   |
| Jul/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 275,0      | A    | 378,6                | A    | 82,8           | NA   | 82,8       | NA   |
| Ago/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 250,0      | A    | 328,6                | A    | 71,9           | NA   | 71,9       | NA   |
| Set/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 262,5      | A    | 342,8                | A    | 75,0           | NA   | 75,0       | NA   |
| Out/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 275,0      | A    | 400,0                | A    | 87,5           | NA   | 87,5       | NA   |
| Nov/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 250,0      | A    | 464,3                | A    | 101,6          | A    | 101,6      | A    |
| Dez/03  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 212,5      | A    | 257,1                | A    | 56,3           | NA   | 56,3       | NA   |
| Jan/04  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 250,0      | A    | 278,6                | A    | 64,0           | NA   | 64,0       | NA   |
| Fev/04  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 237,5      | A    | 300,0                | A    | 68,7           | NA   | 68,7       | NA   |
| Mar/04  | 100,0                    | A                   | 100,0          | A    | 287,5      | A    | 335,7                | A    | 84,4           | NA   | 84,4       | NA   |

Notas : (1) IC: índice de coleta; (2) A: atende; NA: não atende.

Tabela 14 – Verificação do atendimento ao plano mínimo de amostragem, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA II, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano | Saída do Tratamento      |                         |                |          |            |          | Rede de Distribuição |          |                |          |            |          |
|---------|--------------------------|-------------------------|----------------|----------|------------|----------|----------------------|----------|----------------|----------|------------|----------|
|         | Turbidez                 |                         | Cloro residual |          | Coliformes |          | Turbidez             |          | Cloro residual |          | Coliformes |          |
|         | IC <sup>(1)</sup><br>(%) | A/<br>NA <sup>(2)</sup> | IC<br>(%)      | A/<br>NA | IC<br>(%)  | A/<br>NA | IC<br>(%)            | A/N<br>A | IC<br>(%)      | A/<br>NA | IC<br>(%)  | A/<br>NA |
| Mar/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 250,0      | A        | 490,0                | A        | 490,0          | A        | 490,0      | A        |
| Abr/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 275,0      | A        | 850,0                | A        | 850,0          | A        | 850,0      | A        |
| Mai/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 940,0                | A        | 940,0          | A        | 940,0      | A        |
| Jun/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 237,5      | A        | 180,0                | A        | 180,0          | A        | 180,0      | A        |
| Jul/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 275,0      | A        | 540,0                | A        | 540,0          | A        | 540,0      | A        |
| Ago/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 0,0                  | NA       | 1.240          | A        | 1.240      | A        |
| Set/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 1.280                | A        | 1.280          | A        | 1.280      | A        |
| Out/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 237,5      | A        | 1.260                | A        | 1.260          | A        | 1.260      | A        |
| Nov/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 237,5      | A        | 950,0                | A        | 950,0          | A        | 950,0      | A        |
| Dez/02  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 237,5      | A        | 790,0                | A        | 790,0          | A        | 790,0      | A        |
| Jan/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 275,0      | A        | 1.180                | A        | 1.180          | A        | 1.180      | A        |
| Fev/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 250,0      | A        | 870,0                | A        | 870,0          | A        | 870,0      | A        |
| Mar/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 250,0      | A        | 930,0                | A        | 930,0          | A        | 930,0      | A        |
| Abr/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 250,0      | A        | 820,0                | A        | 820,0          | A        | 820,0      | A        |
| Mai/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 1.030                | A        | 1.030          | A        | 1.030      | A        |
| Jun/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 237,5      | A        | 900,0                | A        | 900,0          | A        | 900,0      | A        |
| Jul/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 287,5      | A        | 1.120                | A        | 1.120          | A        | 1.120      | A        |
| Ago/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 1.060                | A        | 1.060          | A        | 1.060      | A        |
| Set/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 1.100                | A        | 1.100          | A        | 1.100      | A        |
| Out/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 287,5      | A        | 1.060                | A        | 1.060          | A        | 1.060      | A        |
| Nov/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 250,0      | A        | 550,0                | A        | 550,0          | A        | 550,0      | A        |
| Dez/03  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 275,0      | A        | 460,0                | A        | 460,0          | A        | 460,0      | A        |
| Jan/04  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 262,5      | A        | 760,0                | A        | 800,0          | A        | 800,0      | A        |
| Fev/04  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 212,5      | A        | 820,0                | A        | 840,0          | A        | 840,0      | A        |
| Mar/04  | 100,0                    | A                       | 100,0          | A        | 275,0      | A        | 820,0                | A        | 910,0          | A        | 910,0      | A        |

Notas : (1) IC: índice de coleta; e (2) A: atende; NA: não atende.

Tabela 15 – Verificação do atendimento ao plano mínimo de amostragem, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA III, distrito Correia de Almeida, município de Barbacena, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano | Saída do Tratamento   |                     |                |      |            |      | Rede de Distribuição |      |                |      |            |      |
|---------|-----------------------|---------------------|----------------|------|------------|------|----------------------|------|----------------|------|------------|------|
|         | Turbidez              |                     | Cloro residual |      | Coliformes |      | Turbidez             |      | Cloro residual |      | Coliformes |      |
|         | IC (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | IC (%)         | A/NA | IC (%)     | A/NA | IC (%)               | A/NA | IC (%)         | A/NA | IC (%)     | A/NA |
| Mar/02  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 50,0       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Abr/02  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 50,0       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mai/02  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 37,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jun/02  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 25,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Jul/02  | 37,63                 | NA                  | 37,63          | NA   | 62,5       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Ago/02  | 0,0                   | NA                  | 40,32          | NA   | 50,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Set/02  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 62,5       | NA   | 120,0                | A    | 60,0           | NA   | 60,0       | NA   |
| Out/02  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 50,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Nov/02  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 50,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Dez/02  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 50,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Jan/03  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 62,5       | NA   | 60,0                 | NA   | 30,0           | NA   | 30,0       | NA   |
| Fev/03  | 40,18                 | NA                  | 40,18          | NA   | 50,0       | NA   | 100,0                | A    | 50,0           | NA   | 50,0       | NA   |
| Mar/03  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 37,5       | NA   | 60,0                 | NA   | 30,0           | NA   | 30,0       | NA   |
| Abr/03  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 50,0       | NA   | 100,0                | A    | 50,0           | NA   | 50,0       | NA   |
| Mai/03  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 62,5       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Jun/03  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 50,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Jul/03  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 62,5       | NA   | 100,0                | A    | 50,0           | NA   | 50,0       | NA   |
| Ago/03  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 37,5       | NA   | 60,0                 | NA   | 30,0           | NA   | 30,0       | NA   |
| Set/03  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 62,5       | NA   | 100,0                | A    | 50,0           | NA   | 50,0       | NA   |
| Out/03  | 40,32                 | NA                  | 40,32          | NA   | 50,0       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Nov/03  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 62,5       | NA   | 80,0                 | NA   | 40,0           | NA   | 40,0       | NA   |
| Dez/03  | 40,28                 | NA                  | 40,28          | NA   | 37,5       | NA   | 100,0                | A    | 50,0           | NA   | 50,0       | NA   |

Notas : (1) IC: índice de coleta; e (2) A: atende; NA: não atende.

A avaliação do cumprimento ao plano mínimo de amostragem definido na Portaria MS nº 518/2004 é relevante, uma vez que o monitoramento, em número e frequência adequados, dos parâmetros preconizados na legislação permite melhores inferências sobre a qualidade da água. Considerando a definição de perigo como uma característica intrínseca de uma substância ou de uma situação (HAAS *et al.*, 1999), o não atendimento aos planos mínimos de amostragem pode se configurar como tal, na medida em que compromete o monitoramento (situação) e pode ocultar outras situações de perigo relacionadas à qualidade da água tratada e distribuída (por exemplo, indícios de contaminação).

No controle da qualidade da água da ETA II, os planos mínimos de amostragem dos parâmetros CRL e coliformes totais foram integralmente atendidos (100%), no período pesquisado, tanto na saída do tratamento quanto na rede de distribuição. Ressaltamos o intenso monitoramento para coliformes na saída do tratamento e para os três parâmetros na rede de distribuição. Para o parâmetro turbidez, o atendimento ao plano foi de 100% na saída do tratamento e de 96% na rede de distribuição (Tabela 14). Chama-se atenção para o fato de que o descumprimento acima advém da ausência de análises para turbidez durante todo o mês de agosto do ano de 2002 na rede de distribuição. Essa situação se configura em perigo, ainda que pontual, pois apesar do número de amostras de água na saída do tratamento ter atendido às exigências da Portaria, pode ocorrer deterioração da água na rede de distribuição, expondo a população a situações de risco.

Segundo a Portaria MS nº 518/2004, a amostragem para o monitoramento da qualidade da água deve obedecer, além do número mínimo de amostras, os requisitos de “distribuição uniforme das coletas ao longo do período” (inciso I, § 1º, Artigo 18) e “representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição, combinado critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos” (inciso II, § 1º, Artigo 18). Apesar de terem sido identificados problemas no cumprimento do plano mínimo de amostragem nos dois sistemas de abastecimento (com destaque para a ETA I), de uma forma geral, para todos os parâmetros, o requisito de distribuição uniforme das coletas ao longo do período de monitoramento foi atendido. Este requisito não foi cumprido na ETA II durante o mês de agosto de 2002 para o parâmetro turbidez, quando nenhuma coleta foi realizada.

Com relação à representatividade dos pontos de coleta na rede de distribuição, de acordo com informações dos responsáveis, houve atendimento ao exigido pela

Portaria, ou seja, as amostras foram coletadas combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, citando-se a amostragem em todos os bairros abastecidos pelas ETAs I e II e a inclusão de locais de grande circulação de pessoas, como o Terminal Rodoviário do município.

Os dados disponibilizados pelo DEMA E referentes à ETA III, que abastece a população do distrito de Correia de Almeida, referem-se ao período de março de 2002 a dezembro de 2003. Os dados referentes aos meses de janeiro a março de 2004 não foram disponibilizados em tempo hábil para a utilização no trabalho.

Não houve cumprimento aos planos mínimos de amostragem preconizados pela Portaria MS nº 518/2004 no sistema de abastecimento ETA III (Tabela 15), tanto na saída do tratamento quanto na rede de distribuição.

Como já discutido anteriormente, o não atendimento aos planos mínimos de amostragem, configura-se em perigo, podendo implicar no abastecimento da população com água não segura.

Os requisitos de distribuição uniforme das coletas ao longo do período de monitoramento e representatividade dos pontos de coleta na rede de distribuição também não foram atendidos. As coletas de amostras para pesquisa dos parâmetros turbidez e CRL na saída do tratamento estiveram concentradas sempre em determinadas horas do dia. O pequeno número de coletas para pesquisa de coliformes, ilustrado pelo baixo percentual de atendimento ao plano mínimo de amostragem na saída do tratamento (máximo de 62,5%) e na rede de distribuição (máximo de 60%), prejudicou consideravelmente o cumprimento dos requisitos de distribuição uniforme das coletas e representatividade espacial.

Nos sistemas de abastecimento ETA IV e ETA V (distritos Padre Brito e Senhora das Dores, respectivamente), em nenhum dos meses foram atendidos os planos mínimos de amostragem para os parâmetros turbidez, CRL, coliformes, tanto na saída do tratamento quanto na rede de distribuição (Tabelas 16 e 17). Na perspectiva da avaliação de risco, é importante considerar a existência de perigos nítidos nos dois sistemas de abastecimento.

A ETA V contou, entretanto, com monitoramento um pouco melhor que a ETA IV, pois, no primeiro caso, em 12% dos meses o IC foi nulo (amostras não coletadas), para os três parâmetros e nos dois pontos de coleta (saída do tratamento e rede de distribuição), enquanto no segundo caso, esse percentual atingiu 32% dos meses.

Tabela 16 – Verificação do atendimento ao plano de amostragem mínimo, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA IV distrito Padre Brito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano | Saída do Tratamento   |                     |                |      |            |      | Rede de Distribuição |      |                |      |            |      |
|---------|-----------------------|---------------------|----------------|------|------------|------|----------------------|------|----------------|------|------------|------|
|         | Turbidez              |                     | Cloro residual |      | Coliformes |      | Turbidez             |      | Cloro residual |      | Coliformes |      |
|         | IC (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | IC (%)         | A/NA | IC (%)     | A/NA | IC (%)               | A/NA | IC (%)         | A/NA | IC (%)     | A/NA |
| Mar/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 40,0                 | NA   | 20,0           | NA   | 20,0       | NA   |
| Abr/02  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Mai/02  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 40,0                 | NA   | 20,0           | NA   | 20,0       | NA   |
| Jun/02  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Jul/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 60,0                 | NA   | 30,0           | NA   | 30,0       | NA   |
| Ago/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Set/02  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Out/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 60,0                 | NA   | 30,0           | NA   | 30,0       | NA   |
| Nov/02  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Dez/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jan/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Fev/03  | 3,6                   | NA                  | 3,6            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mar/03  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Abr/03  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mai/03  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Jun/03  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jul/03  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Ago/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Set/03  | 0                     | NA                  | 0              | NA   | 0          | NA   | 0                    | NA   | 0              | NA   | 0          | NA   |
| Out/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Nov/03  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Dez/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jan/04  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Fev/04  | 3,5                   | NA                  | 3,5            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mar/04  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |

Notas : (1) IC: índice de coleta; e (2) A: atende; NA: não atende.

Tabela 17 – Verificação do atendimento ao plano de amostragem mínimo, segundo o mês, sistema de abastecimento ETA V, distrito Senhora das Dores, Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano | Saída do Tratamento   |                     |                |      |            |      | Rede de Distribuição |      |                |      |            |      |
|---------|-----------------------|---------------------|----------------|------|------------|------|----------------------|------|----------------|------|------------|------|
|         | Turbidez              |                     | Cloro residual |      | Coliformes |      | Turbidez             |      | Cloro residual |      | Coliformes |      |
|         | IC (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | IC (%)         | A/NA | IC (%)     | A/NA | IC (%)               | A/NA | IC (%)         | A/NA | IC (%)     | A/NA |
| Mar/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Abr/02  | 0,0                   | NA                  | 0,0            | NA   | 0,0        | NA   | 0,0                  | NA   | 0,0            | NA   | 0,0        | NA   |
| Mai/02  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jun/02  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jul/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Ago/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Set/02  | 0,0                   | NA                  | 0,0            | NA   | 0,0        | NA   | 0,0                  | NA   | 0,0            | NA   | 0,0        | NA   |
| Out/02  | 0,0                   | NA                  | 0,0            | NA   | 0,0        | NA   | 0,0                  | NA   | 0,0            | NA   | 0,0        | NA   |
| Nov/02  | 3,4                   | NA                  | 3,4            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Dez/02  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jan/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Fev/03  | 3,6                   | NA                  | 3,6            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mar/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Abr/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mai/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jun/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jul/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Ago/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Set/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Out/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Nov/03  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Dez/03  | 9,7                   | NA                  | 9,7            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Jan/04  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Fev/04  | 3,5                   | NA                  | 3,5            | NA   | 3,45       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |
| Mar/04  | 3,2                   | NA                  | 3,2            | NA   | 12,5       | NA   | 20,0                 | NA   | 10,0           | NA   | 10,0       | NA   |

Notas : (1) IC: índice de coleta; e (2) A: atende; NA: não atende.

Como já indicado anteriormente, a falta do monitoramento adequado implica na dificuldade de garantir que a população esteja sendo abastecida com água segura para o consumo.

É importante destacar que na utilização do critério ‘atendimento’ e ‘não atendimento’ aos planos mínimos de amostragem, devemos analisar, de forma complementar, os percentuais de atendimento observados naqueles meses onde não houve atendimento integral (100%) ao preconizado pela Portaria. Desta forma, no sistema ETA I, para os parâmetros e meses em que não houve 100% de atendimento do plano de amostragem, os percentuais foram mesmo assim elevados, principalmente na saída do tratamento, com um mínimo de 92,8% para turbidez e CRL. Neste sistema, o atendimento ao plano de amostragem na rede de distribuição foi mais inconstante, porém também com percentuais melhores do que o verificado para os sistemas ETA III, ETA IV e ETA V.

Os sistemas ETA IV e ETA V apresentaram percentuais de atendimento ao plano mínimo de amostragem, extremamente reduzidos em todos os meses. Na ETA IV, os percentuais máximos de atendimento foram de 3,57% (turbidez e CRL) e 12,5% (coliforme) para a saída do tratamento e 60,0% (turbidez), 30,0% (CRL) e 20,0% (coliforme), na rede distribuição. Com relação à ETA V, os percentuais máximos foram equivalentes à 9,67% (turbidez e CRL) e 12,5% (coliforme) na saída do tratamento e 20% (turbidez) e 10,0% (CRL e coliforme), na rede de distribuição. Por outro lado, o sistema ETA III, apesar de forma geral não ter atendido em nenhum momento, para qualquer parâmetro, o plano mínimo de amostragem, apresentou percentuais mais elevados para os índices de coleta que os sistemas ETA IV e ETA V. Exemplificando-se, mínimo de 37,63%, para turbidez e cloro, na saída do tratamento e mínimo de 10,0% para CRL e coliformes, na rede de distribuição.

No sistema ETA III, apesar de que em nenhum momento e para qualquer parâmetro o plano mínimo de amostragem tenha sido atendido, os percentuais de atendimento foram mais elevados que nos sistemas ETA IV e ETA V. Exemplificando: mínimo de 37,63%, para turbidez e CRL na saída do tratamento e mínimo de 10,0% para CRL e coliformes na rede de distribuição.

Em resumo, considerando o cumprimento dos planos mínimos de amostragem, as ETAs I e II seriam os sistemas com os melhores resultados, sendo a ETA II, consideravelmente superior a ETA I, com apenas um momento do período (agosto/2002) apresentando falha no cumprimento da Portaria, na rede de distribuição,



para o parâmetro turbidez. Na seqüência, a ETA III seria a que apresentou os melhores resultados, seguida da ETA V e da IV, sendo esta última o sistema com os piores índices de coleta.

### 5.3.2. Qualidade da água

Além da avaliação do número e da frequência de coleta de amostras para pesquisa de determinados parâmetros de qualidade, bem como, da distribuição uniforme das mesmas em termos temporal e espacial, é importante analisarmos o atendimento aos padrões definidos na Portaria MS nº 518/2004. Nesse sentido, considerando o parâmetro coliforme, a legislação estabelece que a água na saída do tratamento deve apresentar ausência de coliformes totais em 100 mL, independentemente do número de amostras coletadas. Já para o sistema de distribuição (reservatórios e rede), em sistemas de abastecimento que analisam 40 ou mais amostras por mês, 95% das amostras examinadas devem apresentar ausência de coliformes totais. Em sistemas que analisam menos de 40 amostras mensais, admite-se que uma amostra apresente resultado positivo para coliformes totais em 100 mL (Quadro 4).

Para o parâmetro turbidez, a Portaria MS nº 518/2004 estabelece para filtração rápida limite de 1 uT e define como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 uT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 uT. A legislação americana recomenda para uma adequada eficiência de remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* a produção de efluente filtrado com 0,5 uT e 0,3 uT, respectivamente (USEPA, 1989; USEPA, 1998a).

Ainda de acordo com a Portaria, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre (CRL) de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição.

A partir dos dados disponibilizados pelo DEMA E, foi analisado o atendimento ao padrão de potabilidade brasileiro, além de metas de qualidade da água, considerando os parâmetros turbidez, CRL, coliformes totais e *Escherichia coli*, para cada um dos sistemas de abastecimento aqui estudados.

### 5.3.2.1. Sistema de abastecimento ETA I

Na Tabela 18 estão os dados referentes ao atendimento ao padrão bacteriológico, na saída do tratamento e na rede de distribuição, em termos de índice bacteriológico (conforme definido no item 4.6.2). O atendimento ao padrão na saída do tratamento ocorreu em 88% dos meses trabalhados. Na rede de distribuição, observa-se redução marcante no percentual de atendimento (44%) e apenas em quatro momentos (meses) amostras positivas foram detectadas em frequência inferior ao permitido (5%).

Amostras positivas na saída do tratamento podem indicar falhas ou insuficiência no tratamento; na rede de distribuição podem sugerir problemas na integridade do sistema de distribuição (como a ocorrência de infiltrações), muito embora a detecção de coliformes totais não guarde uma relação conclusiva com contaminação ou recontaminação de origem fecal.

De qualquer forma, a distribuição de água com presença de coliformes totais constitui perigo, já que pode expor a população abastecida a situações de risco.

É importante destacar que, na rede de distribuição, foram encontradas duas amostras positivas no teste para *E. coli* (no mês de abril de 2002), configurando um sinal inequívoco de recontaminação ou falhas no tratamento. Essa situação corresponde a um perigo ainda mais nítido, uma vez que como esse indicador é de origem exclusivamente fecal (seres humanos e animais homeotérmicos) a probabilidade de ocorrência de organismos patogênicos na água é maior.

Os dados disponibilizados pelo DEMA E referentes à ETA III, que abastece a população do distrito de Correia de Almeida, referem-se ao período de março de 2002 a dezembro de 2003. Os dados referentes aos meses de janeiro a março de 2004 não foram disponibilizados em tempo hábil para a utilização no trabalho.

Não houve cumprimento aos planos mínimos de amostragem, preconizados pela Portaria MS nº 518/2004, no sistema de abastecimento ETA III (Tabela 15), tanto na saída do tratamento quanto na rede de distribuição.

Como já discutido anteriormente, o não atendimento aos planos mínimos de amostragem, configura-se em perigo, podendo implicar no abastecimento da população com água não segura.

Os requisitos de distribuição uniforme das coletas ao longo do período de monitoramento e representatividade dos pontos de coleta na rede de distribuição, também não foram atendidos. As coletas de amostras para pesquisa dos parâmetros

Tabela 18 – Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano | Saída do Tratamento |                                   |                            |                       |                     | Rede de Distribuição |                                   |                            |                       |                     |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|
|             | Número de Amostras  |                                   |                            |                       |                     | Número de Amostras   |                                   |                            |                       |                     |
|             | Total               | Positivas<br>Coliformes<br>totais | Positivas<br><i>E.coli</i> | IB (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | Total                | Positivas<br>Coliformes<br>totais | Positivas<br><i>E.coli</i> | IB (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> |
| Mar/02      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 39                   | 10                                | 0                          | 74,3                  | NA                  |
| Abr/02      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 43                   | 11                                | 2                          | 74,4                  | NA                  |
| Mai/02      | 21                  | 2                                 | 0                          | 90,5                  | NA                  | 43                   | 9                                 | 0                          | 79,0                  | NA                  |
| Jun/02      | 17                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 7                    | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Jul/02      | 23                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 37                   | 4                                 | 0                          | 89,2                  | NA                  |
| Ago/02      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 72                   | 8                                 | 0                          | 88,9                  | NA                  |
| Set/02      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 70                   | 5                                 | 0                          | 92,8                  | NA                  |
| Out/02      | 23                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 67                   | 2                                 | 0                          | 97,0                  | A                   |
| Nov/02      | 19                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 52                   | 5                                 | 0                          | 90,4                  | NA                  |
| Dez/02      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 38                   | 6                                 | 0                          | 84,2                  | NA                  |
| Jan/03      | 22                  | 2                                 | 0                          | 90,9                  | NA                  | 55                   | 11                                | 0                          | 80,0                  | NA                  |
| Fev/03      | 18                  | 1                                 | 0                          | 94,4                  | A                   | 34                   | 3                                 | 0                          | 91,2                  | NA                  |
| Mar/ 3      | 18                  | 2                                 | 0                          | 88,9                  | NA                  | 38                   | 1                                 | 0                          | 97,4                  | A                   |
| Abr/03      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 38                   | 1                                 | 0                          | 97,4                  | A                   |
| Mai/03      | 21                  | 1                                 | 0                          | 95,2                  | A                   | 42                   | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Jun/03      | 18                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 39                   | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Jul/03      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 53                   | 1                                 | 0                          | 98,1                  | A                   |
| Ago/03      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 46                   | 3                                 | 0                          | 93,5                  | NA                  |
| Set/03      | 21                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 48                   | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Out/03      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 56                   | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Nov/03      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 65                   | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Dez/03      | 17                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 36                   | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   |
| Jan/04      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 44                   | 4                                 | 0                          | 90,9                  | NA                  |
| Fev/04      | 19                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 44                   | 4                                 | 0                          | 90,9                  | NA                  |
| Mar/04      | 23                  | 0                                 | 0                          | 100,0                 | A                   | 54                   | 6                                 | 0                          | 88,9                  | NA                  |

Notas: (1) IB: índice bacteriológico; e (2) A: atende; NA: não atende.

turbidez e CRL, na saída do tratamento, estiveram concentradas sempre em determinadas horas do dia para. O pequeno número de coletas para pesquisa de coliformes, ilustrado pelo baixo percentual de atendimento ao plano mínimo de amostragem na saída do tratamento (máximo de 62,5%) e na rede de distribuição (máximo de 60%) prejudicou consideravelmente o cumprimento aos requisitos de, distribuição uniforme das coletas e representatividade espacial.

Os resultados da análise de turbidez da água tratada e distribuída pela ETA I no período de estudo (março de 2002 a março de 2004) estão apresentados nas Tabelas 19, 20, 21.

Como já descrito em Materiais e Métodos, vale ressaltar que, nos sistemas ETA I e II, a análise dos parâmetros da qualidade da água é feita, pelo DEMAÉ, nos reservatórios, considerados, para efeito deste trabalho, como saída do tratamento. No caso específico da turbidez, é importante manter a perspectiva de que, no reservatório, fatores como a correção do pH (aplicação de cal) e o próprio ambiente local, podem influenciar os valores de turbidez encontrados.

A análise da estatística descritiva apresentada na Tabela 19 permite constatar uma considerável variação dos dados e especular sobre uma certa instabilidade no processo de tratamento. Em termos gerais, a ETA I não apresenta boa performance, sendo o pior desempenho registrado em 2002. Chamam atenção alguns dos elevadíssimos valores máximos de turbidez registrados na saída do tratamento, com valores máximos anuais variando entre 6,90 a 20,0 (Tabela 19). Cumpre esclarecer que reproduzimos literalmente o banco de dados recebido, incluindo, assim, alguns dados pouco usuais, como turbidez nula (julho e agosto de 2003).

O percentual de atendimento ao padrão de potabilidade (VMP de 1,0 uT), salvo raras exceções, como em março (80,54%) e abril (76,39%) de 2002, julho (86,02%), novembro (89,16%) e dezembro (87,64%) de 2003, foi muito baixo, não havendo atendimento integral ao preconizado pela Portaria em nenhum dos meses estudados. Conseqüentemente, o atendimento às metas indicadoras da remoção de protozoários também foi bastante reduzido (Tabela 20).

Apesar da possível interferência de alguns fatores pós-tratamento, como discutido anteriormente, essa situação configura um perigo, pois a turbidez é utilizada não apenas como um parâmetro de aceitação para consumo, mas também como indicador da qualidade sanitária da água.

Tabela 19 – Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> |
| Mar/02       | 370                   | 0,60        | 1,50        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,92        | 19,65             |
| Abr/02       | 360                   | 0,94        | 0,50        | 2,40        | 0,80        | 1,0         | 0,94        | 23,67             |
| Mai/02       | 353                   | 1,0         | 3,80        | 2,10        | 1,70        | 2,50        | 2,08        | 28,07             |
| Jun/02       | 358                   | 0,70        | 3,90        | 1,50        | 1,30        | 1,80        | 1,61        | 26,72             |
| Jul/02       | 370                   | 1,0         | 6,90        | 2,40        | 1,8         | 3,28        | 2,60        | 38,98             |
| Ago/02       | 371                   | 1,10        | 3,80        | 1,90        | 1,60        | 2,60        | 2,14        | 31,72             |
| Set/02       | 372                   | 1,0         | 4,50        | 1,70        | 1,40        | 2,30        | 1,88        | 30,55             |
| Out/02       | 371                   | 1,10        | 3,80        | 1,80        | 1,60        | 2,40        | 2,01        | 28,98             |
| Nov/02       | 360                   | 1,0         | 4,90        | 1,80        | 1,60        | 2,13        | 1,94        | 29,27             |
| Dez/02       | 372                   | 1,0         | 4,90        | 1,95        | 1,60        | 2,60        | 2,16        | 35,42             |
| <b>Anual</b> | <b>3.656</b>          | <b>0,50</b> | <b>6,90</b> | <b>1,70</b> | <b>1,30</b> | <b>2,30</b> | <b>1,83</b> | <b>43,26</b>      |
| Jan/03       | 359                   | 0,90        | 6,90        | 1,80        | 1,50        | 2,10        | 2,0         | 49,63             |
| Fev/03       | 334                   | 0,90        | 3,90        | 2,30        | 1,90        | 2,70        | 2,30        | 26,26             |
| Mar/03       | 371                   | 0,70        | 3,70        | 1,30        | 1,0         | 2,0         | 1,49        | 41,34             |
| Abr/03       | 360                   | 0,50        | 3,40        | 1,10        | 0,90        | 1,80        | 1,34        | 44,86             |
| Mai/03       | 372                   | 0,40        | 3,80        | 1,0         | 0,80        | 1,50        | 1,19        | 48,01             |
| Jun/03       | 354                   | 0,50        | 4,20        | 1,10        | 0,90        | 1,70        | 1,36        | 46,44             |
| Jul/03       | 372                   | 0,0         | 3,60        | 0,80        | 0,60        | 0,90        | 0,83        | 48,75             |
| Ago/03       | 372                   | 0,0         | 4,50        | 1,0         | 0,90        | 1,40        | 1,17        | 56,52             |
| Set/03       | 360                   | 0,50        | 9,90        | 1,10        | 0,90        | 1,80        | 1,43        | 61,67             |
| Out/03       | 372                   | 0,30        | 3,10        | 1,0         | 0,80        | 1,10        | 1,05        | 43,14             |
| Nov/03       | 360                   | 0,20        | 2,30        | 0,90        | 0,70        | 0,90        | 0,87        | 32,33             |
| Dez/03       | 372                   | 0,10        | 3,20        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,89        | 36,83             |
| <b>Anual</b> | <b>4.358</b>          | <b>0,0</b>  | <b>9,90</b> | <b>1,0</b>  | <b>0,90</b> | <b>1,70</b> | <b>0,75</b> | <b>56,57</b>      |
| Jan/04       | 372                   | 0,10        | 5,54        | 1,28        | 0,90        | 1,80        | 0,73        | 52,44             |
| Fev/04       | 336                   | 0,30        | 20,0        | 1,30        | 1,0         | 1,70        | 1,40        | 80,51             |
| Mar/04       | 372                   | 0,30        | 3,50        | 1,0         | 0,90        | 1,60        | 1,29        | 44,22             |
| <b>Anual</b> | <b>1.080</b>          | <b>0,10</b> | <b>20,0</b> | <b>1,20</b> | <b>0,90</b> | <b>1,70</b> | <b>1,36</b> | <b>61,25</b>      |

Notas: (1) N: número de amostras; e (2) CV: coeficiente de variação (%).

Tabela 20 – Percentual de atendimento e não atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | £ 0,3 uT    | £ 0,5 uT     | £ 1,0 uT     | > 1,0 uT     |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Mar/02       | 0,0         | 0,0          | 80,54        | 19,46        |
| Abr/02       | 0,0         | 0,28         | 76,39        | 23,61        |
| Mai/02       | 0,0         | 0,0          | 3,68         | 96,32        |
| Jun/02       | 0,0         | 0,0          | 1,68         | 98,32        |
| Jul/02       | 0,0         | 0,0          | 1,08         | 98,92        |
| Ago/02       | 0,0         | 0,0          | 0,0          | 100,00       |
| Set/02       | 0,0         | 0,0          | 0,54         | 99,46        |
| Out/02       | 0,0         | 0,0          | 0,0          | 100,00       |
| Nov/02       | 0,0         | 0,0          | 0,56         | 99,44        |
| Dez/02       | 0,0         | 0,0          | 0,27         | 99,73        |
| <b>Anual</b> | <b>0,0</b>  | <b>0,027</b> | <b>16,44</b> | <b>83,56</b> |
| Jan/03       | 0,0         | 0,0          | 5,30         | 94,70        |
| Fev/03       | 0,0         | 0,0          | 2,70         | 97,30        |
| Mar/03       | 0,0         | 0,0          | 31,54        | 68,46        |
| Abr/03       | 0,0         | 0,83         | 44,45        | 55,55        |
| Mai/03       | 0,0         | 4,30         | 54,30        | 45,70        |
| Jun/03       | 0,0         | 0,28         | 49,15        | 50,85        |
| Jul/03       | 10,21       | 16,13        | 86,02        | 13,89        |
| Ago/03       | 6,18        | 10,21        | 63,44        | 36,56        |
| Set/03       | 0,0         | 0,83         | 43,06        | 56,94        |
| Out/03       | 0,54        | 5,91         | 67,20        | 32,80        |
| Nov/03       | 1,67        | 7,50         | 89,16        | 10,84        |
| Dez/03       | 3,49        | 8,33         | 87,64        | 12,36        |
| <b>Anual</b> | <b>1,54</b> | <b>4,63</b>  | <b>52,52</b> | <b>47,48</b> |
| Jan/04       | 2,15        | 2,96         | 31,45        | 68,55        |
| Fev/04       | 0,30        | 2,68         | 32,40        | 67,60        |
| Mar/04       | 0,27        | 0,81         | 49,20        | 50,80        |
| <b>Anual</b> | <b>1,02</b> | <b>3,15</b>  | <b>40,74</b> | <b>59,26</b> |

Na Tabela 21, apresenta-se a sistematização dos dados de turbidez da água na rede de distribuição, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão de turbidez estabelecido pela Portaria MS nº 518/2004 ( 5 uT em qualquer ponto da rede de distribuição).

Na rede de distribuição, o atendimento pleno ao padrão de 5 uT ocorreu em apenas 16,67% dos meses trabalhados (Tabela 21). Vale destacar a elevada variação dos resultados e alguns dos elevadíssimos valores máximos, com valores máximos anuais variando entre 5,70 e 35,0 uT. Entretanto, o índice de turbidez, representando o percentual de atendimento ao padrão de aceitação para consumo, mês a mês (5 uT), salvo exceções, não é de todo ruim, permanecendo em faixas superiores a 70 – 80% (Tabela 21).

Testes de correlação não indicaram associação entre os valores de turbidez na saída do tratamento e na rede de distribuição ( $p = 1,000$ ;  $r_s = 0,3725$ ). Portanto, os valores mais elevados de turbidez na rede de distribuição podem ser devido ao tipo de material constitutivo das tubulações (ferro fundido em algumas partes mais antigas do trajeto). De qualquer forma, é relevante manter a perspectiva de que valores elevados de turbidez devem ser sempre entendidos como perigo, principalmente se referendados pela ocorrência de coliformes totais e *E. coli* (Tabela 18). Adicionalmente, valores elevados de turbidez podem implicar em rejeição da água pelo consumidor.

Nas Tabelas 22 e 23, apresenta-se a sistematização dos dados de cloro residual livre da água na saída do tratamento e na rede de distribuição, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão de potabilidade ( 0,5 mg/L após a desinfecção e 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição).

Na saída do tratamento, o atendimento pleno ao preconizado pela Portaria MS nº 518/2004 ocorreu em apenas 52% dos meses trabalhados (março de 2002 a março de 2004). Entretanto, o desempenho do processo de desinfecção não pode ser considerado de todo precário, pois, à exceção de janeiro de 2004, o teor de cloro residual mínimo foi atendido sempre em percentuais acima de 95%. O melhor desempenho do processo de desinfecção foi observado em 2002 (Tabela 22).

Ressalva deve ser feita ao se analisar os dados de CRL no reservatório, para efeito desse estudo considerado como saída do tratamento. O limite mínimo de 0,5 mg/L, de fato, refere-se aos teores de cloro na saída do tanque de contato, como indicador da eficiência da desinfecção. No reservatório, o cloro residual pode ser volatilizado e, ou, consumido. De toda forma, é interessante notar que, se não há

Tabela 21 – Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano  | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | IT <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 39                    | 0,0         | 25,8        | 1,61        | 0,89        | 2,72        | 3,17        | 158,67            | 87,18             |
| Abr/02       | 43                    | 0,0         | 7,92        | 2,16        | 1,24        | 3,93        | 2,77        | 75,78             | 83,72             |
| Mai/02       | 43                    | 0,39        | 1,60        | 2,0         | 1,49        | 3,96        | 3,55        | 91,99             | 79,06             |
| Jun/02       | 7                     | 1,24        | 3,29        | 2,51        | 1,47        | 2,60        | 2,17        | 36,22             | 100,0             |
| Jul/02       | 37                    | 0,65        | 35,20       | 5,56        | 2,77        | 7,57        | 7,60        | 101,97            | 45,94             |
| Ago/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Set/02       | 17                    | 1,15        | 20,8        | 1,97        | 1,44        | 2,75        | 3,60        | 133,42            | 82,35             |
| Out/02       | 67                    | 0,41        | 27,60       | 2,88        | 1,90        | 4,05        | 3,95        | 101,01            | 82,08             |
| Nov/02       | 52                    | 0,78        | 15,30       | 3,09        | 2,02        | 5,14        | 4,35        | 77,63             | 73,07             |
| Dez/02       | 39                    | 0,82        | 12,30       | 7,50        | 1,36        | 3,14        | 2,70        | 89,43             | 89,74             |
| <b>Anual</b> | <b>344</b>            | <b>0,0</b>  | <b>35,2</b> | <b>2,42</b> | <b>1,60</b> | <b>4,55</b> | <b>3,92</b> | <b>112,21</b>     | <b>78,49</b>      |
| Jan/03       | 56                    | 0,69        | 13,07       | 2,94        | 2,02        | 4,15        | 3,38        | 65,62             | 83,92             |
| Fev/03       | 34                    | 0,62        | 8,70        | 3,50        | 2,3         | 5,29        | 3,95        | 55,25             | 70,58             |
| Mar/03       | 38                    | 0,13        | 14,3        | 2,35        | 0,92        | 5,87        | 3,49        | 94,39             | 71,05             |
| Abr/03       | 38                    | 0,29        | 7,43        | 1,69        | 0,89        | 2,94        | 2,32        | 89,08             | 86,84             |
| Mai/03       | 42                    | 0,19        | 10,74       | 1,44        | 1,10        | 2,67        | 2,24        | 97,50             | 90,47             |
| Jun/03       | 39                    | 0,0         | 9,89        | 2,08        | 1,25        | 3,8         | 2,71        | 75,49             | 87,18             |
| Jul/03       | 53                    | 0,02        | 19,0        | 1,15        | 0,83        | 2,73        | 2,93        | 138,32            | 83,01             |
| Ago/03       | 46                    | 0,0         | 10,84       | 1,39        | 0,68        | 2,70        | 2,09        | 107,43            | 86,95             |
| Set/03       | 48                    | 0,0         | 10,69       | 1,30        | 0,74        | 3,54        | 2,38        | 104,29            | 85,41             |
| Out/03       | 56                    | 0,0         | 14,60       | 1,77        | 0,73        | 3,38        | 2,54        | 111,08            | 89,28             |
| Nov/03       | 65                    | 0,0         | 5,0         | 1,23        | 0,79        | 1,83        | 1,42        | 64,20             | 100,0             |
| Dez/03       | 36                    | 0,10        | 8,13        | 1,81        | 0,56        | 2,52        | 2,06        | 91,27             | 89,0              |
| <b>Anual</b> | <b>551</b>            | <b>0,0</b>  | <b>19,0</b> | <b>1,78</b> | <b>0,95</b> | <b>3,38</b> | <b>2,57</b> | <b>99,22</b>      | <b>86,20</b>      |
| Jan/04       | 39                    | 0,09        | 2,91        | 1,16        | 0,36        | 1,76        | 1,17        | 67,18             | 100,0             |
| Fev/04       | 42                    | 0,10        | 3,22        | 0,62        | 0,22        | 1,50        | 0,88        | 90,13             | 100,0             |
| Mar/04       | 47                    | 0,09        | 5,70        | 0,82        | 0,29        | 1,52        | 1,21        | 107,74            | 97,87             |
| <b>Anual</b> | <b>128</b>            | <b>0,09</b> | <b>5,70</b> | <b>0,88</b> | <b>0,27</b> | <b>1,58</b> | <b>1,09</b> | <b>92,85</b>      | <b>99,22</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) IT: índice de turbidez (%).



Tabela 22 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano  | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 371                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,88        | 16,13             | 100,0              |
| Abr/02       | 360                   | 0,60        | 2,0         | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,94        | 17,72             | 100,0              |
| Mai/02       | 353                   | 0,50        | 2,0         | 0,80        | 0,70        | 1,0         | 0,87        | 26,80             | 100,0              |
| Jun/02       | 356                   | 0,20        | 1,50        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,85        | 19,05             | 99,72              |
| Jul/02       | 370                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,88        | 15,97             | 100,0              |
| Ago/02       | 371                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,86        | 20,43             | 100,0              |
| Set/02       | 372                   | 0,50        | 1,30        | 0,9         | 0,80        | 1,0         | 0,86        | 15,95             | 100,0              |
| Out/02       | 371                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,87        | 20,55             | 100,0              |
| Nov/02       | 360                   | 0,50        | 1,40        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,89        | 16,33             | 100,0              |
| Dez/02       | 372                   | 0,50        | 1,90        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,88        | 20,98             | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>3.656</b>          | <b>0,20</b> | <b>2,0</b>  | <b>0,90</b> | <b>0,80</b> | <b>1,0</b>  | <b>0,16</b> | <b>18,50</b>      | <b>99,97</b>       |
| Jan/03       | 379                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,86        | 15,47             | 100,0              |
| Fev/03       | 370                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,88        | 14,61             | 100,0              |
| Mar/03       | 371                   | 0,50        | 1,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,88        | 16,13             | 100,0              |
| Abr/03       | 360                   | 0,60        | 2,0         | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,94        | 17,85             | 100,0              |
| Mai/03       | 372                   | 0,30        | 1,50        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,79        | 18,94             | 98,39              |
| Jun/03       | 354                   | 0,40        | 1,20        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,83        | 17,63             | 99,15              |
| Jul/03       | 372                   | 0,40        | 1,50        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,83        | 18,33             | 99,19              |
| Ago/03       | 372                   | 0,40        | 2,40        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,91        | 28,32             | 98,98              |
| Set/03       | 360                   | 0,20        | 1,50        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,86        | 18,39             | 98,33              |
| Out/03       | 372                   | 0,40        | 2,30        | 0,90        | 0,80        | 1,0         | 0,90        | 22,12             | 99,19              |
| Nov/03       | 360                   | 0,30        | 1,20        | 0,90        | 0,80        | 0,90        | 0,84        | 15,91             | 98,05              |
| Dez/03       | 372                   | 0,20        | 2,70        | 0,90        | 0,90        | 1,0         | 0,26        | 26,21             | 97,85              |
| <b>Anual</b> | <b>4.358</b>          | <b>0,20</b> | <b>2,30</b> | <b>0,90</b> | <b>0,80</b> | <b>1,0</b>  | <b>0,86</b> | <b>18,14</b>      | <b>99,08</b>       |
| Jan/04       | 372                   | 0,10        | 0,50        | 0,71        | 0,60        | 0,89        | 0,73        | 33,22             | 87,64              |
| Fev/04       | 336                   | 0,30        | 1,50        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,83        | 22,63             | 96,73              |
| Mar/04       | 372                   | 0,20        | 2,30        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,80        | 25,22             | 96,51              |
| <b>Anual</b> | <b>1.080</b>          | <b>0,10</b> | <b>2,30</b> | <b>0,80</b> | <b>0,70</b> | <b>0,90</b> | <b>0,79</b> | <b>27,57</b>      | <b>93,52</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Tabela 23 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano  | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 39                    | 0,05        | 1,0         | 0,20        | 0,15        | 0,25        | 0,24        | 77,97             | 61,54              |
| Abr/02       | 43                    | 0,0         | 2,0         | 0,25        | 0,18        | 0,75        | 0,47        | 100,83            | 74,42              |
| Mai/02       | 43                    | 0,05        | 0,90        | 0,20        | 0,13        | 0,25        | 0,24        | 82,54             | 69,77              |
| Jun/02       | 7                     | 0,10        | 0,30        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 28,87             | 85,71              |
| Jul/02       | 37                    | 0,05        | 1,0         | 0,30        | 0,20        | 0,40        | 0,40        | 73,54             | 81,08              |
| Ago/02       | 72                    | 0,0         | 1,0         | 0,33        | 0,20        | 0,70        | 0,46        | 70,23             | 83,33              |
| Set/02       | 71                    | 0,0         | 1,0         | 0,40        | 0,15        | 0,65        | 0,31        | 63,80             | 87,32              |
| Out/02       | 67                    | 0,0         | 1,0         | 0,40        | 0,30        | 0,6         | 0,45        | 56,55             | 89,55              |
| Nov/02       | 52                    | 0,0         | 1,0         | 0,28        | 0,14        | 0,46        | 0,32        | 75,95             | 71,15              |
| Dez/02       | 39                    | 0,0         | 1,0         | 0,39        | 0,20        | 0,68        | 0,39        | 74,78             | 79,48              |
| <b>Anual</b> | <b>470</b>            | <b>0,0</b>  | <b>2,0</b>  | <b>0,30</b> | <b>0,20</b> | <b>0,60</b> | <b>0,39</b> | <b>77,37</b>      | <b>79,15</b>       |
| Jan/03       | 54                    | 0,0         | 1,0         | 0,30        | 0,15        | 0,60        | 0,39        | 76,20             | 69,64              |
| Fev/03       | 34                    | 0,0         | 0,90        | 0,20        | 0,10        | 0,30        | 0,25        | 83,95             | 58,82              |
| Mar/03       | 38                    | 0,0         | 1,0         | 0,30        | 0,15        | 0,58        | 0,38        | 78,98             | 71,05              |
| Abr/03       | 38                    | 0,0         | 1,0         | 0,43        | 0,25        | 0,60        | 0,42        | 67,38             | 76,31              |
| Mai/03       | 42                    | 0,06        | 2,14        | 0,41        | 0,27        | 0,57        | 0,48        | 77,89             | 83,33              |
| Jun/03       | 39                    | 0,04        | 1,0         | 0,27        | 0,19        | 0,54        | 0,37        | 70,03             | 71,79              |
| Jul/03       | 53                    | 0,02        | 3,0         | 0,50        | 0,30        | 0,70        | 0,57        | 80,93             | 88,68              |
| Ago/03       | 46                    | 0,0         | 2,0         | 0,40        | 0,25        | 0,65        | 0,50        | 83,51             | 84,78              |
| Set/03       | 48                    | 0,0         | 1,0         | 0,40        | 0,20        | 0,60        | 0,41        | 66,36             | 77,08              |
| Out/03       | 56                    | 0,05        | 1,0         | 0,63        | 0,45        | 0,75        | 0,62        | 39,96             | 96,42              |
| Nov/03       | 65                    | 0,0         | 2,13        | 0,40        | 0,20        | 0,60        | 0,46        | 81,15             | 80,0               |
| Dez/03       | 36                    | 0,0         | 1,18        | 0,28        | 0,19        | 0,42        | 0,35        | 75,62             | 69,44              |
| <b>Anual</b> | <b>5.510</b>          | <b>0,0</b>  | <b>3,0</b>  | <b>0,40</b> | <b>0,20</b> | <b>0,61</b> | <b>0,44</b> | <b>75,94</b>      | <b>78,22</b>       |
| Jan/04       | 41                    | 0,01        | 0,83        | 0,32        | 0,25        | 0,50        | 0,37        | 48,10             | 95,12              |
| Fev/04       | 44                    | 0,04        | 1,12        | 0,29        | 0,25        | 0,44        | 0,36        | 60,91             | 88,63              |
| Mar/04       | 54                    | 0,01        | 3,03        | 0,50        | 0,21        | 0,78        | 0,68        | 97,23             | 83,33              |
| <b>Anual</b> | <b>128</b>            | <b>0,01</b> | <b>3,03</b> | <b>0,35</b> | <b>0,25</b> | <b>0,59</b> | <b>0,49</b> | <b>95,07</b>      | <b>96,09</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

atendimento ao padrão de CRL na saída do tratamento/entrada do sistema de distribuição, a manutenção dos níveis adequados de cloro na rede de distribuição pode ficar prejudicada.

Na rede de distribuição, o atendimento ao teor de cloro residual mínimo é mais problemático, não tendo sido plenamente atendido em nenhum dos meses estudados. A variação dos dados de cloro residual na rede é considerável e deve-se destacar que foram encontrados teores de CRL nulo em frequência também considerável (56% dos meses estudados). Além disso, em 40% dos meses analisados, 25% dos dados (1º quartil) estiveram abaixo do mínimo exigido (Tabela 23). Portanto, perigos relacionados à dificuldade de manutenção do cloro residual mínimo, podem ser identificados na distribuição de água deste sistema.

A Tabela 24, traz os resultados dos testes de correlação entre as variáveis de qualidade da água estudadas na rede de distribuição.

Tabela 24 – Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água na rede de distribuição, sistema ETA I, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis                              | Parâmetros |                        |                   |           |            |           |
|--|------------|------------------------|-------------------|-----------|------------|-----------|
|  | Pares      | Coef. $r_{\phi}^{(1)}$ | Coef. $r_s^{(2)}$ | $p^{(3)}$ | $R^{2(4)}$ | $t^{(5)}$ |
| CT <sup>(6)</sup> x CRL <sup>(7)</sup> | 1.154      | 0,4000                 | -                 | < 0,01    | 0,16       | -         |
| CT x Turbidez                          | 1.018      | 0,0493                 | -                 | 0,1588    | -          | -         |
| CRL x Turbidez                         | 1.021      | -                      | 0,2355            | 1,0000    | -          | 7,7365    |

Notas: (1) coeficiente de correlação Phi; (2) coeficiente de correlação de Spearman; (3) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (4) coeficiente de determinação; (5) valor do teste; (6) Coliformes totais; e (7) cloro residual livre.

Como não foram detectadas amostras positivas para *E. coli* nos anos de 2003 e 2004, a análise de correlação desta variável com as demais não foi realizada. As tentativas de correlação entre as variáveis apresentadas na Tabela 24 não apresentaram resultados estatisticamente significativos, com exceção da associação entre os dados de cloro residual livre na rede de distribuição e a presença ou ausência de amostras positivas para coliformes totais; entretanto, mesmo neste caso, apenas 16% da variação de amostras positivas ou negativas encontradas para coliformes totais pode ser explicada pela variação nos valores de cloro residual livre ou vice-versa. No entanto, o sentido dessa correlação não parece ser coerente, uma vez que foi positiva, significando

que a medida que aumenta CRL, na rede, aumenta a presença de coliforme. O que é reforçado pela avaliação dos índices de atendimento, onde para o CRL os percentuais foram sempre elevados (> 87,64%).

### **5.3.2.2. Sistema de abastecimento ETA II**

O atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade na saída do tratamento e na rede de distribuição foi alcançado, respectivamente, em 84% e 48% dos meses trabalhados (Tabela 25), seguindo, assim, padrão semelhante ao observado para ETA I (88% e 44%) (Tabela 17). Entretanto, é importante destacar que enquanto no sistema ETA I foram encontradas apenas duas amostras positivas para *E. coli* na rede de distribuição (Tabela 17), no sistema ETA II foram encontradas três amostras positivas na saída do tratamento e 25 na rede de distribuição (Tabela 25). Esses dados sugerem problemas conjugados no tratamento e com a integridade da rede de distribuição. Nessas circunstâncias, fica claramente caracterizada uma situação de perigo, visto que a água distribuída para população, apresenta indícios de contaminação de origem fecal em 44% dos meses trabalhados.

A sistematização dos dados de turbidez da água na saída do tratamento, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez, está apresentada nas Tabelas 26 e 27.

A observação da estatística descritiva dos dados de turbidez da ETA II, comparativamente aos da ETA I, permite verificar que embora a variação dos teores de turbidez tenha sido um pouco mais ampla, em geral, o sistema produz água de melhor qualidade. Não são observados picos tão elevados de turbidez, com médias anuais dos valores máximos variando entre 1,0 e 4,80 uT, enquanto para ETA I esses valores foram 6,90 a 20,0 (Tabela 19). Destacam-se aqui as ressalvas já feitas em relação aos dados de turbidez nula (Tabela 26).

Houve atendimento integral ao padrão de turbidez preconizado pela legislação em apenas 52% dos meses estudados; porém, com algumas exceções, como outubro (58,33%) e novembro (72,78%) de 2002, o percentual de atendimento naqueles meses onde não houve atendimento pleno é elevado, com médias anuais variando entre 91,91 e 100% (Tabela 25). Essa avaliação revela um desempenho melhor do sistema ETA II que do sistema ETA I, onde não houve atendimento pleno ao exigido pela Portaria em nenhum dos meses estudados e o percentual de atendimento apresentou médias anuais variando entre 16,44 e 40% (Tabela 19).

Tabela 25 – Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano | Saída do Tratamento |                                   |                            |                          |                     | Rede de Distribuição |                                   |                            |                          |                     |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------|
|             | Número de Amostras  |                                   |                            | IB<br>(%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | Número de Amostras   |                                   |                            | IB<br>(%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> |
|             | Total               | Positivas<br>Coliformes<br>totais | Positivas<br><i>E.coli</i> |                          |                     | Total                | Positivas<br>Coliformes<br>totais | Positivas<br><i>E.coli</i> |                          |                     |
| Mar/02      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 49                   | 19                                | 2                          | 61,22                    | NA                  |
| Abr/02      | 22                  | 3                                 | 0                          | 86,36                    | A                   | 85                   | 23                                | 3                          | 72,94                    | NA                  |
| Mai/02      | 21                  | 1                                 | 0                          | 95,24                    | A                   | 93                   | 28                                | 6                          | 68,82                    | NA                  |
| Jun/02      | 19                  | 2                                 | 0                          | 89,47                    | NA                  | 18                   | 3                                 | 1                          | 83,33                    | NA                  |
| Jul/02      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 53                   | 8                                 | 2                          | 84,90                    | NA                  |
| Ago/02      | 21                  | 1                                 | 0                          | 95,24                    | A                   | 124                  | 12                                | 2                          | 90,32                    | NA                  |
| Set/02      | 21                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 128                  | 1                                 | 0                          | 99,22                    | A                   |
| Out/02      | 23                  | 1                                 | 2                          | 86,96                    | NA                  | 126                  | 3                                 | 0                          | 97,62                    | A                   |
| Nov/02      | 19                  | 2                                 | 1                          | 84,21                    | NA                  | 95                   | 14                                | 0                          | 80,26                    | NA                  |
| Dez/02      | 19                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 79                   | 18                                | 4                          | 77,21                    | NA                  |
| Jan/03      | 22                  | 2                                 | 0                          | 90,90                    | NA                  | 118                  | 27                                | 1                          | 77,12                    | NA                  |
| Fev/03      | 20                  | 1                                 | 0                          | 95,0                     | A                   | 87                   | 9                                 | 0                          | 89,65                    | NA                  |
| Mar/03      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 93                   | 5                                 | 0                          | 94,62                    | NA                  |
| Abr/03      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 82                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Mai/03      | 21                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 103                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Jun/03      | 19                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 89                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Jul/03      | 23                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 111                  | 1                                 | 1                          | 99,09                    | A                   |
| Ago/03      | 21                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 105                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Set/03      | 21                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 109                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Out/03      | 23                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 105                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Nov/03      | 20                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 54                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Dez/03      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 45                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   |
| Jan/04      | 21                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 81                   | 6                                 | 0                          | 92,59                    | A                   |
| Fev/04      | 17                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 84                   | 7                                 | 2                          | 91,67                    | NA                  |
| Mar/04      | 22                  | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                   | 92                   | 10                                | 1                          | 88,9                     | NA                  |

Notas: (1) IB: índice bacteriológico; e (2) A: atende; NA: não atende.

Tabela 26 – Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano  | Parâmetro Estatístico |             |             |             |                        |                        |             |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1 <sup>o</sup> Quartil | 3 <sup>o</sup> Quartil | Média       | CV <sup>(2)</sup> |
| Mar/02       | 372                   | 0,10        | 0,80        | 0,50        | 0,30                   | 0,60                   | 0,46        | 35,13             |
| Abr/02       | 360                   | 0,10        | 1,50        | 0,60        | 0,40                   | 0,70                   | 0,56        | 31,48             |
| Mai/02       | 372                   | 0,10        | 1,70        | 0,50        | 0,40                   | 0,60                   | 0,52        | 32,30             |
| Jun/02       | 360                   | 0,20        | 1,0         | 0,50        | 0,40                   | 0,60                   | 0,51        | 31,11             |
| Jul/02       | 372                   | 0,10        | 1,70        | 0,40        | 0,30                   | 0,50                   | 0,41        | 50,12             |
| Ago/02       | 372                   | 0,20        | 1,0         | 0,50        | 0,40                   | 0,60                   | 0,50        | 34,07             |
| Set/02       | 360                   | 0,10        | 2,50        | 0,50        | 0,40                   | 0,70                   | 0,59        | 63,85             |
| Out/02       | 372                   | 0,20        | 4,80        | 0,90        | 0,70                   | 1,30                   | 1,22        | 40,97             |
| Nov/02       | 360                   | 0,20        | 2,20        | 0,70        | 0,60                   | 1,10                   | 0,90        | 52,81             |
| Dez/02       | 372                   | 0,10        | 1,10        | 0,50        | 0,40                   | 0,60                   | 0,50        | 35,97             |
| <b>Anual</b> | <b>3.672</b>          | <b>0,10</b> | <b>4,80</b> | <b>0,50</b> | <b>0,40</b>            | <b>0,70</b>            | <b>0,62</b> | <b>71,71</b>      |
| Jan/03       | 359                   | 0,0         | 0,90        | 0,30        | 0,10                   | 0,50                   | 0,30        | 77,83             |
| Fev/03       | 334                   | 0,0         | 0,90        | 0,30        | 0,10                   | 0,50                   | 0,33        | 81,41             |
| Mar/03       | 371                   | 0,0         | 1,0         | 0,30        | 0,10                   | 0,50                   | 0,31        | 77,90             |
| Abr/03       | 360                   | 0,0         | 0,90        | 0,30        | 0,10                   | 0,50                   | 0,33        | 81,56             |
| Mai/03       | 360                   | 0,0         | 0,70        | 0,20        | 0,10                   | 0,30                   | 0,18        | 79,78             |
| Jun/03       | 354                   | 0,0         | 2,0         | 0,20        | 0,10                   | 0,30                   | 0,22        | 82,77             |
| Jul/03       | 372                   | 0,0         | 2,0         | 0,20        | 0,10                   | 0,40                   | 0,26        | 71,68             |
| Ago/03       | 372                   | 0,0         | 0,80        | 0,30        | 0,20                   | 0,50                   | 0,32        | 62,89             |
| Set/03       | 360                   | 0,0         | 2,0         | 0,30        | 0,10                   | 0,50                   | 0,34        | 97,82             |
| Out/03       | 372                   | 0,0         | 1,70        | 0,30        | 0,10                   | 0,60                   | 0,41        | 84,67             |
| Nov/03       | 360                   | 0,0         | 3,0         | 0,40        | 0,20                   | 0,70                   | 0,49        | 99,12             |
| Dez/03       | 372                   | 0,0         | 1,40        | 0,30        | 0,10                   | 0,60                   | 0,35        | 81,46             |
| <b>Anual</b> | <b>4.346</b>          | <b>0,0</b>  | <b>3,0</b>  | <b>0,30</b> | <b>0,10</b>            | <b>0,50</b>            | <b>0,32</b> | <b>90,37</b>      |
| Jan/04       | 372                   | 0,0         | 1,0         | 0,40        | 0,30                   | 0,60                   | 0,42        | 51,32             |
| Fev/04       | 348                   | 0,0         | 0,9         | 0,30        | 0,10                   | 0,50                   | 0,35        | 72,30             |
| Mar/04       | 368                   | 0,0         | 0,9         | 0,30        | 0,20                   | 0,50                   | 0,36        | 56,30             |
| <b>Anual</b> | <b>1.088</b>          | <b>0,0</b>  | <b>1,0</b>  | <b>0,40</b> | <b>0,20</b>            | <b>0,50</b>            | <b>0,38</b> | <b>59,83</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras; e (2) CV: coeficiente de variação (%).

Tabela 27 – Percentual de atendimento e não atendimento ao padrão e metas de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | £ 0,3 uT     | £ 0,5 uT     | £ 1,0 uT     | > 1,0 uT    |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Mar/02       | 27,68        | 69,63        | 100,0        | 0,0         |
| Abr/02       | 12,22        | 48,34        | 99,17        | 0,83        |
| Mai/02       | 15,60        | 58,06        | 99,19        | 0,81        |
| Jun/02       | 18,05        | 56,94        | 100,0        | 0,0         |
| Jul/02       | 44,08        | 75,80        | 99,46        | 0,54        |
| Ago/02       | 22,31        | 63,44        | 100,0        | 0,0         |
| Set/02       | 22,50        | 60,55        | 90,28        | 9,72        |
| Out/02       | 3,76         | 10,48        | 58,33        | 41,67       |
| Nov/02       | 4,44         | 24,44        | 72,78        | 27,22       |
| Dez/02       | 24,46        | 62,63        | 99,73        | 0,27        |
| <b>Anual</b> | <b>19,58</b> | <b>53,10</b> | <b>91,91</b> | <b>8,09</b> |
| Jan/03       | 61,83        | 82,26        | 100,0        | 0,0         |
| Fev/03       | 55,36        | 76,94        | 100,0        | 0,0         |
| Mar/03       | 61,56        | 82,26        | 100,0        | 0,0         |
| Abr/03       | 56,11        | 77,22        | 100,0        | 0,0         |
| Mai/03       | 88,44        | 97,58        | 100,0        | 0,0         |
| Jun/03       | 79,17        | 97,78        | 99,73        | 0,27        |
| Jul/03       | 72,04        | 95,97        | 99,73        | 0,27        |
| Ago/03       | 55,91        | 85,21        | 100,0        | 0,0         |
| Set/03       | 59,72        | 82,50        | 96,94        | 3,06        |
| Out/03       | 50,27        | 70,97        | 94,35        | 5,65        |
| Nov/03       | 45,83        | 65,0         | 91,39        | 8,61        |
| Dez/03       | 54,03        | 74,73        | 100,0        | 0,0         |
| <b>Anual</b> | <b>62,24</b> | <b>83,04</b> | <b>99,28</b> | <b>0,72</b> |
| Jan/04       | 39,25        | 72,04        | 100,0        | 0,0         |
| Fev/04       | 54,60        | 78,45        | 100,0        | 0,0         |
| Mar/04       | 54,89        | 80,70        | 100,0        | 0,0         |
| <b>Anual</b> | <b>49,45</b> | <b>77,02</b> | <b>100,0</b> | <b>0,0</b>  |

De forma análoga, enquanto na ETA I o atendimento às metas indicadoras de remoção de protozoários ( 0,3 – 0,5 uT) foi limitado (Tabela 19), na ETA II, os resultados foram bem melhores, com médias anuais de 50 - 80 % de atendimento à ‘meta remoção de *Giardia*’ (0,5 uT) e 20 - 60 % de atendimento à ‘meta remoção de *Cryptosporidium*’ (0,3 uT) (Tabela 26).

O atendimento integral ao padrão para turbidez na rede de distribuição ocorreu em apenas dois meses (IT = 100%) (Tabela 28). Entretanto, a observação da estatística descritiva revela, em geral, uma água distribuída de melhor qualidade que a do sistema ETA I, apesar da ocorrência também de picos bastante elevados de turbidez, com valores máximos anuais variando entre 17,8 a 47,8. O índice de turbidez na rede do sistema ETA II permaneceu sempre acima de 90%, enquanto no sistema ETA I oscilou entre 70 – 80% (Tabela 21). Por sua vez, a correlação entre turbidez na entrada e no sistema de distribuição não revelou correlação significativa ( $p = 1,000$ ;  $r_s = 0,3753$ ). Nessa situação, assim como para ETA I, valores elevados de turbidez na rede não indicam, necessariamente, deterioração da qualidade sanitária da água, podendo estar relacionados com o fato das tubulações em alguns pontos da rede, mais antigos, serem de ferro fundido. Porém, conforme já discutido para a ETA I, aqui também deve-se manter a perspectiva de que valores elevados de turbidez devem ser entendidos como perigo, também justificado pelo fato de ocorrência de amostras positivas para coliformes totais e *E. coli* na rede de distribuição (Tabela 25).

De maneira geral, os perigos relativos à ocorrência de turbidez elevada, seriam no sistema ETA II menores que os registrados para o sistema ETA I.

Nas Tabelas 29 e 30, apresenta-se a sistematização dos dados de cloro residual livre da água na saída do tratamento e na rede de distribuição, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria ( 0,5 mg/L após a desinfecção e 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição).

Na saída do tratamento do sistema de abastecimento ETA II, o atendimento pleno ao preconizado pela legislação para o parâmetro CRL ocorreu em 84% dos meses estudado e, mesmo nos meses onde não foi integral, o percentual de atendimento foi elevado (acima de 99%) (Tabela 29). Para esta variável, o sistema ETA II também apresentou melhor desempenho que o sistema ETA I, onde o atendimento integral à legislação foi observado em 52% dos meses trabalhados, com percentuais sempre superiores a 95% naqueles meses em que não houve atendimento pleno (Tabela 21).



Tabela 28 – Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano  | Parâmetro Estatístico |             |              |             |             |             |             |                   |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo       | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | IT <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 49                    | 0,0         | 15,50        | 0,34        | 0,15        | 0,83        | 1,43        | 235,36            | 93,87             |
| Abr/02       | 85                    | 0,0         | 8,80         | 0,64        | 0,40        | 1,25        | 0,98        | 125,50            | 97,65             |
| Mai/02       | 94                    | 0,12        | 11,80        | 0,83        | 0,51        | 1,49        | 0,19        | 101,45            | 97,87             |
| Jun/02       | 18                    | 0,11        | 1,63         | 0,73        | 0,53        | 0,89        | 0,74        | 48,59             | 100,0             |
| Jul/02       | 49                    | 0,18        | 5,92         | 0,78        | 0,48        | 1,16        | 1,08        | 93,06             | 95,92             |
| Ago/02       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Set/02       | 38                    | 0,61        | 5,38         | 1,34        | 0,95        | 2,36        | 1,73        | 64,87             | 97,37             |
| Out/02       | 126                   | 0,46        | 14,30        | 1,19        | 0,82        | 2,34        | 2,0         | 106,01            | 93,65             |
| Nov/02       | 95                    | 0,0         | 17,80        | 2,14        | 1,35        | 3,42        | 3,31        | 110,07            | 83,16             |
| Dez/02       | 79                    | 0,48        | 14,50        | 1,24        | 0,77        | 1,92        | 2,02        | 120,87            | 91,14             |
| <b>Anual</b> | <b>633</b>            | <b>0,0</b>  | <b>17,80</b> | <b>1,03</b> | <b>0,62</b> | <b>1,94</b> | <b>1,80</b> | <b>133,97</b>     | <b>93,52</b>      |
| Jan/03       | 118                   | 0,36        | 20,70        | 1,93        | 1,28        | 3,63        | 3,11        | 109,61            | 89,83             |
| Fev/03       | 87                    | 0,21        | 20,20        | 0,78        | 0,45        | 1,31        | 1,52        | 169,29            | 94,25             |
| Mar/03       | 93                    | 0,03        | 12,80        | 0,60        | 0,38        | 1,34        | 1,32        | 141,12            | 94,62             |
| Abr/03       | 82                    | 0,0         | 7,27         | 0,55        | 0,25        | 1,22        | 1,04        | 123,09            | 97,56             |
| Mai/03       | 103                   | 0,0         | 8,04         | 0,06        | 0,0         | 0,58        | 0,61        | 225,88            | 97,08             |
| Jun/03       | 90                    | 0,0         | 3,37         | 0,34        | 0,0         | 0,79        | 0,56        | 123,94            | 100,0             |
| Jul/03       | 112                   | 0,0         | 7,29         | 0,26        | 0,09        | 0,75        | 0,67        | 172,49            | 98,21             |
| Ago/03       | 106                   | 0,0         | 10,26        | 0,18        | 0,0         | 0,76        | 0,79        | 212,67            | 95,28             |
| Set/03       | 110                   | 0,0         | 47,80        | 0,31        | 0,06        | 0,97        | 1,94        | 310,47            | 90,90             |
| Out/03       | 106                   | 0,0         | 4,58         | 0,27        | 0,04        | 0,85        | 0,57        | 138,44            | 100,0             |
| Nov/03       | 55                    | 0,0         | 15,15        | 0,47        | 0,35        | 0,84        | 0,95        | 215,02            | 98,18             |
| Dez/03       | 46                    | 0,10        | 13,33        | 0,17        | 0,12        | 0,44        | 0,98        | 235,22            | 91,30             |
| <b>Anual</b> | <b>1.108</b>          | <b>0,0</b>  | <b>47,80</b> | <b>0,46</b> | <b>0,14</b> | <b>1,23</b> | <b>1,22</b> | <b>223,55</b>     | <b>96,12</b>      |
| Jan/04       | 79                    | 0,10        | 9,46         | 0,31        | 0,12        | 1,36        | 0,99        | 162,29            | 96,20             |
| Fev/04       | 82                    | 0,09        | 21,35        | 0,22        | 0,11        | 0,55        | 0,91        | 301,18            | 96,34             |
| Mar/04       | 82                    | 0,08        | 6,27         | 0,36        | 0,12        | 0,75        | 0,64        | 138,44            | 98,78             |
| <b>Anual</b> | <b>243</b>            | <b>0,08</b> | <b>21,35</b> | <b>0,28</b> | <b>0,11</b> | <b>0,76</b> | <b>0,84</b> | <b>226,22</b>     | <b>97,12</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) IT: índice de turbidez (%).

Tabela 29 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |            |             |             |            |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo     | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 372                   | 0,70        | 9,0        | 0,90        | 0,90        | 1,0        | 0,97        | 44,95             | 100,0              |
| Abr/02       | 360                   | 0,30        | 1,30       | 0,90        | 0,87        | 1,0        | 0,14        | 15,22             | 99,72              |
| Mai/02       | 372                   | 0,60        | 1,30       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,92        | 13,58             | 100,0              |
| Jun/02       | 360                   | 0,60        | 1,30       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,93        | 13,69             | 100,0              |
| Jul/02       | 372                   | 0,50        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,93        | 47,62             | 100,0              |
| Ago/02       | 372                   | 0,60        | 1,30       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,90        | 14,96             | 100,0              |
| Set/02       | 360                   | 0,60        | 7,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,92        | 37,81             | 100,0              |
| Out/02       | 372                   | 0,60        | 9,0        | 0,90        | 0,800       | 1,0        | 0,93        | 107,20            | 100,0              |
| Nov/02       | 360                   | 0,60        | 1,30       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,90        | 14,82             | 100,0              |
| Dez/02       | 372                   | 0,50        | 9,0        | 0,90        | 0,90        | 1,0        | 0,95        | 45,94             | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>3.672</b>          | <b>0,30</b> | <b>9,0</b> | <b>0,90</b> | <b>0,80</b> | <b>1,0</b> | <b>0,93</b> | <b>33,83</b>      | <b>99,97</b>       |
| Jan/03       | 372                   | 0,70        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,94        | 46,99             | 100,0              |
| Fev/03       | 336                   | 0,60        | 1,40       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,91        | 14,74             | 100,0              |
| Mar/03       | 372                   | 0,70        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,94        | 46,91             | 100,0              |
| Abr/03       | 360                   | 0,60        | 1,40       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,91        | 14,74             | 100,0              |
| Mai/03       | 372                   | 0,50        | 1,40       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,91        | 16,42             | 100,0              |
| Jun/03       | 360                   | 0,50        | 1,90       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,94        | 17,82             | 100,0              |
| Jul/03       | 372                   | 0,60        | 2,10       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,92        | 20,15             | 100,0              |
| Ago/03       | 372                   | 0,60        | 1,60       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,92        | 16,25             | 100,0              |
| Set/03       | 360                   | 0,60        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,95        | 47,08             | 100,0              |
| Out/03       | 372                   | 0,60        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,94        | 47,07             | 100,0              |
| Nov/03       | 360                   | 0,40        | 2,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,93        | 20,27             | 99,72              |
| Dez/03       | 372                   | 0,20        | 2,70       | 0,90        | 0,90        | 1,0,       | 0,98        | 26,21             | 99,46              |
| <b>Anual</b> | <b>4.346</b>          | <b>0,20</b> | <b>9,0</b> | <b>0,90</b> | <b>0,80</b> | <b>1,0</b> | <b>0,93</b> | <b>31,57</b>      | <b>99,93</b>       |
| Jan/04       | 372                   | 0,40        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,89        | 49,56             | 99,73              |
| Fev/04       | 348                   | 0,50        | 1,30       | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,88        | 13,71             | 100,0              |
| Mar/04       | 372                   | 0,50        | 9,0        | 0,90        | 0,80        | 1,0        | 0,90        | 48,84             | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>1.080</b>          | <b>0,40</b> | <b>9,0</b> | <b>0,90</b> | <b>0,80</b> | <b>1,0</b> | <b>0,89</b> | <b>41,51</b>      | <b>99,90</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Tabela 30 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano  | Parâmetro Estatístico |            |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo     | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 49                    | 0,05       | 1,0         | 0,10        | 0,10        | 0,20        | 0,19        | 104,98            | 34,69              |
| Abr/02       | 85                    | 0,0        | 0,70        | 0,10        | 0,10        | 0,20        | 0,17        | 82,78             | 41,17              |
| Mai/02       | 94                    | 0,0        | 0,90        | 0,10        | 0,05        | 0,20        | 0,19        | 101,45            | 36,17              |
| Jun/02       | 18                    | 0,0        | 0,35        | 0,20        | 0,10        | 0,20        | 0,17        | 55,41             | 55,56              |
| Jul/02       | 54                    | 0,0        | 1,0         | 0,20        | 0,10        | 0,35        | 0,30        | 88,19             | 61,11              |
| Ago/02       | 124                   | 0,0        | 1,10        | 0,40        | 0,15        | 0,75        | 0,74        | 420,35            | 71,77              |
| Set/02       | 128                   | 0,0        | 1,20        | 0,40        | 0,20        | 0,76        | 0,50        | 64,66             | 82,03              |
| Out/02       | 126                   | 0,0        | 1,0         | 0,40        | 0,20        | 0,80        | 0,49        | 68,16             | 76,19              |
| Nov/02       | 95                    | 0,0        | 2,10        | 0,15        | 0,10        | 0,28        | 0,25        | 117,58            | 45,26              |
| Dez/02       | 79                    | 0,0        | 1,10        | 0,10        | 0,05        | 0,20        | 0,17        | 120,10            | 31,64              |
| <b>Anual</b> | <b>852</b>            | <b>0,0</b> | <b>2,10</b> | <b>0,20</b> | <b>0,10</b> | <b>0,45</b> | <b>0,33</b> | <b>93,47</b>      | <b>59,50</b>       |
| Jan/03       | 117                   | 0,0        | 1,20        | 0,20        | 0,10        | 0,40        | 0,29        | 104,38            | 51,28              |
| Fev/03       | 87                    | 0,0        | 1,20        | 0,15        | 0,10        | 0,43        | 0,32        | 100,24            | 47,13              |
| Mar/03       | 93                    | 0,0        | 2,0         | 0,40        | 0,15        | 0,70        | 0,47        | 85,99             | 72,04              |
| Abr/03       | 82                    | 0,0        | 1,69        | 0,32        | 0,21        | 0,60        | 0,41        | 73,64             | 80,49              |
| Mai/03       | 103                   | 0,02       | 1,01        | 0,19        | 0,12        | 0,35        | 0,25        | 74,04             | 47,57              |
| Jun/03       | 90                    | 0,0        | 1,54        | 0,34        | 0,18        | 0,49        | 0,39        | 72,50             | 71,11              |
| Jul/03       | 112                   | 0,0        | 1,24        | 0,37        | 0,18        | 0,61        | 0,41        | 68,76             | 74,11              |
| Ago/03       | 106                   | 0,0        | 1,0         | 0,40        | 0,25        | 0,60        | 0,44        | 56,0              | 83,96              |
| Set/03       | 110                   | 0,05       | 2,0         | 0,43        | 0,25        | 0,80        | 0,53        | 65,45             | 83,64              |
| Out/03       | 106                   | 0,05       | 2,0         | 0,60        | 0,40        | 0,79        | 0,61        | 46,74             | 98,11              |
| Nov/03       | 55                    | 0,0        | 1,13        | 0,27        | 0,10        | 0,45        | 0,32        | 83,0              | 67,27              |
| Dez/03       | 46                    | 0,0        | 1,41        | 0,26        | 0,08        | 0,70        | 0,42        | 95,46             | 63,04              |
| <b>Anual</b> | <b>1.107</b>          | <b>0,0</b> | <b>2,0</b>  | <b>0,32</b> | <b>0,15</b> | <b>0,60</b> | <b>0,41</b> | <b>77,95</b>      | <b>70,55</b>       |
| Jan/04       | 80                    | 0,01       | 1,56        | 0,43        | 0,22        | 0,92        | 0,56        | 162,69            | 80                 |
| Fev/04       | 82                    | 0,03       | 3,48        | 0,41        | 0,26        | 0,79        | 0,64        | 98,44             | 89,02              |
| Mar/04       | 91                    | 0,0        | 1,83        | 0,49        | 0,25        | 0,72        | 0,54        | 66,97             | 90,11              |
| <b>Anual</b> | <b>253</b>            | <b>0,0</b> | <b>3,48</b> | <b>0,43</b> | <b>0,25</b> | <b>0,78</b> | <b>0,58</b> | <b>84,29</b>      | <b>86,56</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Com relação à rede de distribuição, considerando o atendimento ao padrão de potabilidade, o sistema ETA II apresentou comportamento similar ao do sistema ETA I, porém pior no que diz respeito aos percentuais. Nesse sentido, destacamos: não atendimento pleno ao exigido pela legislação em nenhum dos meses estudados, em 76% dos meses estudados foram encontradas amostras com teores de CRL igual a zero, em 64% dos meses analisados 25% dos dados (1º quartil) estiveram abaixo do mínimo exigido, em 20% dos meses analisados 75% dos dados (3º quartil) estiveram no limite mínimo exigido (Tabela 29). Para o sistema ETA I esses percentuais foram: 56%, 40% e 4%, respectivamente (Tabela 25). Neste particular, os perigos associados à distribuição de água sem a garantia sistemática de residuais desinfetantes podem ser considerados mais elevados que no sistema ETA I.

A Tabela 31, traz os resultados dos testes de correlação entre as variáveis de qualidade da água, estudados para a rede de distribuição.

Tabela 31 – Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água na rede de distribuição, sistema ETA II, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis                              | Parâmetros |                        |                   |           |            |           |
|--|------------|------------------------|-------------------|-----------|------------|-----------|
|  | Pares      | Coef. $r_{\phi}^{(1)}$ | Coef. $r_s^{(2)}$ | $p^{(3)}$ | $R^{2(4)}$ | $t^{(5)}$ |
| CT <sup>(6)</sup> x CRL <sup>(7)</sup> | 2.106      | 0,3818                 | -                 | < 0,01    | 0,1457     | -         |
| CT x Turbidez                          | 1.874      | 0,0277                 | -                 | 0,3057    | -          | -         |
| CT x <i>E. coli</i>                    | 2.111      | 0,3271                 | -                 | < 0,01    | 0,1069     | -         |
| <i>E. coli</i> x CRL                   | 2.106      | 0,1332                 | -                 | < 0,01    | 0,0177     | -         |
| <i>E. coli</i> x Turbidez              | 1.874      | 0,0391                 | -                 | 0,2215    | -          | -         |
| CRL x Turbidez                         | 1.873      | -                      | 0,8389            | < 0,01    | -          | 66,6672   |

Notas: (1) coeficiente de correlação Phi; (2) coeficiente de correlação de Spearman; (3) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (4) coeficiente de determinação; (5) valor do teste; (6) Coliformes totais; e (7) cloro residual livre.

As correlações entre os dados de cloro residual livre, na rede de distribuição, e a presença ou ausência de amostras positivas para coliformes totais e *E. coli* foram significativas, sendo que a proporção da variação de amostras positivas ou negativas para coliformes e *E. coli* que encontra respaldo na variação dos valores de cloro residual livre, ou vice-versa, é de 14,57% e 1,77%, respectivamente. Da mesma forma, houve correlação significativa entre as variáveis coliformes totais e *E. coli*, sendo que 10,69% da variação de uma das variáveis pode ser explicada pela outra e vice-versa. Também entre as variáveis turbidez e CRL, identificamos correlação significativa ( $p < 0,01$ ).

A correlação entre os indicadores bacteriológicas é esperada, uma vez que compreendem bactérias da mesma família (*Enterobacteriaceae*). Entretanto, as correlações entre CRL e coliformes ou *E. coli*, aparentemente não são coerentes, uma vez que sentido da correlação é positivo. De forma semelhante, esperar-se-ia uma diminuição dos valores de CRL à medida que há aumento dos valores de turbidez.

### **5.3.2.3. Sistema de abastecimento ETA III**

Os dados disponibilizados pelo DEMAÉ referentes ao monitoramento da qualidade da água realizado no sistema ETA III, que abastece o distrito de Correia de Almeida, correspondem ao período de março de 2002 a dezembro de 2003.

Destacamos que o não atendimento ao plano mínimo de amostragem, com pequeno número de amostras coletadas, prejudicou a análise dos dados. Se o tratamento e a distribuição da água constituem processos dinâmicos, o monitoramento adequado, com atendimento ao plano mínimo de amostragem preconizado pela legislação, é indispensável.

O padrão bacteriológico de potabilidade (ausência de coliformes totais) foi atendido, na saída do tratamento, em 92% dos meses trabalhados no período de estudo (março de 2002 a dezembro de 2003); na rede de distribuição, o atendimento ao padrão ocorreu em 80% dos meses (Tabela 32). Assim, a princípio, os resultados seriam melhores que os percentuais observados para ETA I (88% e 44%) e ETA II (84% e 48%), conforme Tabelas 18 e 25. No entanto, devido ao número reduzido de amostras analisadas, não podemos afirmar que o sistema ETA III apresentou, seguramente, melhores resultados que os sistemas ETA I e ETA II.

É importante ressaltar que foram encontradas duas amostras positivas no teste para *E. coli* tanto na saída do tratamento (julho de 2002 e janeiro de 2003) quanto na rede de distribuição (junho de 2002), conforme Tabela 32, revelando possíveis problemas no tratamento da água e na integridade da rede de distribuição. Registram-se aqui nítidos perigos.

Tabela 32 – Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano | Saída do Tratamento |                             |                         |                       |                     | Rede de Distribuição |                             |                         |                       |                     |
|---------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
|         | Número de Amostras  |                             |                         | IB (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | Número de Amostras   |                             |                         | IB (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> |
|         | Total               | Positivas Coliformes totais | Positivas <i>E.coli</i> |                       |                     | Total                | Positivas Coliformes totais | Positivas <i>E.coli</i> |                       |                     |
| Mar/02  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Abr/02  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Mai/02  | 3                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Jun/02  | 2                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 2                           | 2                       | 50,0                  | NA                  |
| Jul/02  | 5                   | 0                           | 1                       | 80,0                  | NA                  | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Ago/02  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Set/02  | 5                   | 1                           | 0                       | 80,0                  | NA                  | 6                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Out/02  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Nov/02  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Dez/02  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 3                           | 0                       | 25,0                  | NA                  |
| Jan/03  | 5                   | 0                           | 1                       | 100,0                 | A                   | 3                    | 2                           | 0                       | 33,33                 | NA                  |
| Fev/03  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 5                    | 1                           | 0                       | 80,0                  | NA                  |
| Mar/03  | 3                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 3                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Abr/03  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 5                    | 1                           | 0                       | 80,0                  | NA                  |
| Mai/03  | 5                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Jun/03  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Jul/03  | 5                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 5                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Ago/03  | 3                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 3                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Set/03  | 5                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 5                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Out/03  | 4                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Nov/03  | 5                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Dez/03  | 3                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 4                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |

Notas: (1) IB: índice bacteriológico; e (2) A: atende; NA: não atende.

A sistematização dos dados de turbidez da água na saída do tratamento, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez, está apresentada nas Tabelas 33 e 34.

A análise da Tabela 33 permite verificar que os valores máximos encontrados para turbidez na saída do tratamento (médias anuais variando de 1,90 a 2,50) foram, de maneira geral, inferiores aos observados para ETA I (médias anuais variando de 6,90 a 20,0) (Tabela 18) e ETA II (médias anuais variando de 1,0 a 4,80) (Tabela 26). Chamamos atenção, como já destacado para os outros sistemas, para ocorrência de valores nulos para turbidez, caracterizando situação pouco comum (Tabela 33).

O percentual de atendimento ao padrão de turbidez estabelecido pela Portaria na saída do tratamento (1,0 uT, alcançou médias anuais entre 55% e 99,20% (Tabela 34), sendo, desta forma superiores àqueles encontrados para ETA I (16,44% a 40%) (Tabela 20) e inferiores ao observado para ETA II (91,91% a 100%) (Tabela 27).

Por sua vez a correlação entre turbidez na entrada e no sistema de distribuição se revelou significativa ( $p < 0,01$ ,  $r_s = 0,6158$ ), diferentemente do verificado para os sistemas ETA I e ETA II. Como as tubulações da rede de distribuição da ETA III são feitas de PVC, não é de se esperar uma influência direta do material da rede na elevação dos valores de turbidez. Considerando o fato de que a correlação é positiva, valores elevados de turbidez na rede de distribuição podem ser influenciados por valores aumentados verificados desde a saída do tratamento (entrada da rede), sinalizando para possíveis deficiências no tratamento e perigo para a população consumidora. A ausência de interferência do material constitutivo das tubulações nos valores de turbidez na rede de distribuição reforça a situação de perigo, uma vez que foram identificadas amostras positivas para coliformes totais e *E. coli* na água distribuída pela ETA III (Tabela 32), diferentemente das situações das ETAs I e II, onde esta interferência é possível.

Com relação ao atendimento às metas indicadoras de remoção de protozoários, as médias anuais observadas para ETA III variaram entre 1,88 - 20,05% de atendimento à ‘meta remoção de *Cryptosporidium*’ (0,3 uT) e 11,89 - 49,05% de atendimento à ‘meta remoção de *Giardia*’ (0,5 uT) (Tabela 33). Esses percentuais foram melhores que os encontrados para ETA I, onde o atendimento foi pouco relevante (Tabela 20), e piores que os apresentados pela ETA II, 20 - 60% para remoção de *Cryptosporidium* e 50 - 80% para remoção de *Giardia* (Tabela 27).

A observação da estatística descritiva poderia sugerir que a qualidade da água distribuída pela ETA III é melhor que a dos outros sistemas até aqui analisados (ETA I

Tabela 33 – Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |                        |                        |             |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1 <sup>o</sup> Quartil | 3 <sup>o</sup> Quartil | Média       | CV <sup>(2)</sup> |
| Mar/02       | 150                   | 0,80        | 2,50        | 1,20        | 1,0                    | 1,45                   | 1,23        | 22,91             |
| Abr/02       | 145                   | 0,30        | 2,0         | 0,70        | 0,60                   | 1,10                   | 0,84        | 48,22             |
| Mai/02       | 150                   | 0,30        | 0,90        | 0,60        | 0,50                   | 0,70                   | 0,58        | 21,18             |
| Jun/02       | 145                   | 0,20        | 1,30        | 0,50        | 0,40                   | 0,60                   | 0,55        | 29,59             |
| Jul/02       | 150                   | 0,42        | 2,30        | 0,70        | 0,66                   | 0,78                   | 0,79        | 41,24             |
| Ago/02       | -                     | -           | -           | -           | -                      | -                      | -           | -                 |
| Set/02       | 145                   | 0,70        | 2,10        | 0,90        | 0,90                   | 1,0                    | 1,0         | 25,81             |
| Out/02       | 150                   | 0,80        | 2,50        | 1,20        | 1,0                    | 1,48                   | 1,23        | 23,10             |
| Nov/02       | 145                   | 0,70        | 2,50        | 1,30        | 1,0                    | 1,50                   | 1,28        | 23,84             |
| Dez/02       | 150                   | 0,60        | 2,50        | 1,10        | 1,0                    | 1,40                   | 1,21        | 30,25             |
| <b>Anual</b> | <b>1.330</b>          | <b>0,20</b> | <b>2,50</b> | <b>0,90</b> | <b>0,65</b>            | <b>1,30</b>            | <b>0,97</b> | <b>42,49</b>      |
| Jan/03       | 150                   | 0,40        | 1,30        | 0,70        | 0,60                   | 0,70                   | 0,68        | 20,98             |
| Fev/03       | 135                   | 0,30        | 1,50        | 0,70        | 0,60                   | 0,80                   | 0,69        | 21,88             |
| Mar/03       | 150                   | 0,30        | 1,90        | 0,60        | 0,50                   | 0,80                   | 0,67        | 34,87             |
| Abr/03       | 145                   | 0,10        | 1,50        | 0,60        | 0,50                   | 0,70                   | 0,62        | 26,95             |
| Mai/03       | 150                   | 0,0         | 0,90        | 0,60        | 0,50                   | 0,70                   | 0,57        | 29,39             |
| Jun/03       | 145                   | 0,30        | 1,50        | 0,70        | 0,60                   | 0,70                   | 0,64        | 27,89             |
| Jul/03       | 150                   | 0,0         | 0,80        | 0,40        | 0,30                   | 0,50                   | 0,38        | 43,33             |
| Ago/03       | 145                   | 0,0         | 0,60        | 0,30        | 0,20                   | 0,40                   | 0,32        | 44,28             |
| Set/03       | 145                   | 0,0         | 0,90        | 0,40        | 0,30                   | 0,60                   | 0,43        | 48,76             |
| Out/03       | 150                   | 0,0         | 1,0         | 0,40        | 0,30                   | 0,60                   | 0,42        | 58,39             |
| Nov/03       | 145                   | 0,0         | 1,0         | 0,40        | 0,30                   | 0,60                   | 0,42        | 58,39             |
| Dez/03       | 145                   | 0,0         | 1,0         | 0,60        | 0,50                   | 0,70                   | 0,56        | 33,73             |
| <b>Anual</b> | <b>1.755</b>          | <b>0,0</b>  | <b>1,90</b> | <b>0,50</b> | <b>0,40</b>            | <b>0,70</b>            | <b>0,53</b> | <b>43,29</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras; e (2) CV: coeficiente de variação (%).



Tabela 34 – Percentual de atendimento e não atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano      | £ 0,3 uT     | £ 0,5 uT     | £ 1,0 uT     | > 0,1 uT     |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Mar/02       | 0,0          | 0,0          | 33,55        | 66,25        |
| Abr/02       | 0,69         | 20,69        | 48,28        | 51,72        |
| Mai/02       | 4,67         | 33,33        | 100,0        | 0,0          |
| Jun/02       | 11,33        | 51,33        | 99,33        | 0,67         |
| Jul/02       | 0,0          | 0,71         | 93,57        | 6,43         |
| Ago/02       | -            | -            | -            | -            |
| Set/02       | 0,0          | 0,0          | 44,28        | 55,72        |
| Out/02       | 0,0          | 0,0          | 33,33        | 66,67        |
| Nov/02       | 0,0          | 0,0          | 31,03        | 68,97        |
| Dez/02       | 0,0          | 0,0          | 42,00        | 58,00        |
| <b>Anual</b> | <b>1,88</b>  | <b>11,89</b> | <b>55,71</b> | <b>44,29</b> |
| Jan/03       | 0,0          | 12,00        | 96,67        | 3,33         |
| Fev/03       | 0,74         | 12,59        | 99,26        | 0,74         |
| Mar/03       | 2,00         | 32,67        | 98,00        | 2,00         |
| Abr/03       | 2,07         | 27,59        | 98,62        | 1,74         |
| Mai/03       | 7,33         | 41,33        | 100,0        | 0,0          |
| Jun/03       | 11,03        | 24,83        | 97,93        | 2,07         |
| Jul/03       | 41,33        | 85,33        | 100,0        | 0,0          |
| Ago/03       | 55,17        | 96,55        | 100,0        | 0,0          |
| Set/03       | 36,55        | 69,65        | 100,0        | 0,0          |
| Out/03       | 40,69        | 69,65        | 100,0        | 0,0          |
| Nov/03       | 40,00        | 68,96        | 100,0        | 0,0          |
| Dez/03       | 11,03        | 47,58        | 100,0        | 0,0          |
| <b>Anual</b> | <b>20,05</b> | <b>49,05</b> | <b>99,20</b> | <b>0,80</b>  |

Tabela 35 – Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | IT <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,93        | 0,93        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Abr/02       | 1                     | 0,71        | 0,71        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mai/02       | 1                     | 0,54        | 0,54        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Jun/02       | 4                     | 0,43        | 3,24        | 0,56        | 0,51        | 1,25        | 1,20        | 114,21            | 100,0             |
| Jul/02       | 4                     | 0,30        | 3,74        | 0,68        | 0,57        | 1,46        | 1,35        | 118,77            | 100,0             |
| Ago/02       | 4                     | 0,60        | 1,0         | 0,83        | 0,71        | 0,93        | 0,81        | 21,54             | 100,0             |
| Set/02       | 6                     | 2,0         | 4,23        | 2,26        | 2,04        | 2,48        | 2,54        | 33,55             | 100,0             |
| Out/02       | 4                     | 1,84        | 7,08        | 3,10        | 2,50        | 4,37        | 3,78        | 60,89             | 75,00             |
| Nov/02       | 4                     | 2,09        | 4,68        | 3,72        | 3,20        | 4,57        | 3,72        | 28,91             | 100,0             |
| Dez/02       | 4                     | 0,95        | 8,40        | 1,35        | 1,19        | 3,17        | 3,01        | 119,56            | 75,00             |
| <b>Anual</b> | <b>33</b>             | <b>0,30</b> | <b>8,40</b> | <b>1,84</b> | <b>0,71</b> | <b>3,24</b> | <b>2,21</b> | <b>87,58</b>      | <b>93,93</b>      |
| Jan/03       | 3                     | 1,0         | 1,29        | 1,24        | 1,12        | 1,27        | 1,18        | 13,18             | 100,0             |
| Fev/03       | 5                     | 0,16        | 1,84        | 0,75        | 0,63        | 1,47        | 0,97        | 69,67             | 100,0             |
| Mar/03       | 3                     | 0,51        | 2,49        | 1,79        | 1,15        | 2,14        | 1,60        | 62,88             | 100,0             |
| Abr/03       | 5                     | 0,22        | 2,11        | 0,54        | 0,41        | 0,64        | 0,78        | 96,65             | 100,0             |
| Mai/03       | 4                     | 0,35        | 1,36        | 0,40        | 0,36        | 0,67        | 0,63        | 78,09             | 100,0             |
| Jun/03       | 4                     | 0,76        | 3,20        | 1,57        | 0,98        | 2,36        | 1,77        | 62,48             | 100,0             |
| Jul/03       | 5                     | 0,0         | 2,01        | 0,43        | 0,28        | 0,53        | 0,65        | 120,94            | 100,0             |
| Ago/03       | 3                     | 0,13        | 0,71        | 0,26        | 0,20        | 0,49        | 0,37        | 83,01             | 100,0             |
| Set/03       | 5                     | 0,20        | 0,76        | 0,28        | 0,24        | 0,48        | 0,39        | 59,24             | 100,0             |
| Out/03       | 4                     | 0,27        | 6,91        | 0,63        | 0,49        | 2,25        | 2,11        | 151,90            | 75,00             |
| Nov/03       | 4                     | 0,02        | 1,17        | 0,66        | 0,46        | 0,83        | 0,63        | 75,34             | 100,0             |
| Dez/03       | 5                     | 0,20        | 1,49        | 0,81        | 0,34        | 0,82        | 0,73        | 69,16             | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>50</b>             | <b>0,0</b>  | <b>6,91</b> | <b>0,64</b> | <b>0,34</b> | <b>1,24</b> | <b>0,96</b> | <b>115,49</b>     | <b>98,00</b>      |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) IT: índice de turbidez (%).

e ETA II), visto que os picos de turbidez foram menos elevados (os valores máximos anuais variaram entre 6,9 e 8,4). Além disso, em apenas três dos 22 meses estudados não houve atendimento integral ao padrão de turbidez e, mesmo assim, nestes meses os percentuais de atendimento foram elevados (iguais a 75%). Entretanto, vale lembrar que este sistema não atendeu a nenhum dos planos de amostragem, o que pode prejudicar a interpretação dos resultados. Sendo assim, não podemos afirmar que a água distribuída pela ETA III apresenta melhor qualidade que os sistemas ETA I e ETA II.

Nas Tabelas 36 e 37, apresenta-se a sistematização dos dados de cloro residual livre da água na saída do tratamento e na rede de distribuição, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria ( 0,5 mg/L após a desinfecção e 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição).

O atendimento ao padrão ocorreu em 22,72% dos meses trabalhados, com percentuais de atendimento superiores a 94% nos meses onde não houve atendimento integral. Esta análise revela desempenho inferior aos sistemas de abastecimento ETA I e ETA II, os quais apresentaram atendimento integral em 52 e 84% dos meses estudados, respectivamente (Tabelas 22 e 29), e percentuais de atendimento superiores a 95% (ETA I) e 99% (ETA II) naqueles meses onde não foi observado atendimento pleno.

É importante levar em consideração que o cloro no reservatório, aqui entendido como saída do tratamento, pode ser consumido ou volatilizado. De qualquer forma, o não atendimento ao teor mínimo de CRL na saída do tratamento dificulta a manutenção de níveis adequados na rede de distribuição.

Na rede de distribuição, houve atendimento às exigências da legislação em 13,63% dos meses trabalhados (Tabela 37), superando o observado para os sistemas ETA I e II, onde não houve atendimento integral ao exigido pela legislação em nenhum dos meses estudados. Todavia, ressalva deve ser feita na interpretação dos resultados referentes aos parâmetros avaliados para o sistema ETA III, devido ao reduzido número de amostras coletadas, o que pode não ser representativo da água distribuída por esse sistema.

No sistema ETA III, foram observadas amostras (72,72%) em que o teor de CRL encontrado foi igual a zero (Tabela 38), sendo que nos outros sistemas essa situação foi verificada em 76% (ETA I) 56% (ETA II) das amostras (Tabelas 23 e 30). Além disso, em 81,82% dos meses analisados 25% dos dados (1<sup>o</sup> quartil) estiveram abaixo do mínimo exigido pela legislação e em apenas 27,27% dos meses, 75% dos dados (3<sup>o</sup> quartil) apresentaram valores acima de 0,2 mg/L.

Tabela 36 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 150                   | 0,50        | 2,0         | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,84        | 18,49             | 100,0              |
| Abr/02       | 145                   | 0,40        | 1,0         | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,77        | 14,86             | 99,31              |
| Mai/02       | 150                   | 0,50        | 1,1         | 0,80        | 0,70        | 0,80        | 0,75        | 16,22             | 100,0              |
| Jun/02       | 145                   | 0,20        | 2,0         | 0,70        | 0,70        | 0,80        | 0,78        | 27,85             | 97,24              |
| Jul/02       | 150                   | 0,20        | 0,75        | 0,82        | 0,75        | 0,90        | 0,81        | 18,34             | 94,67              |
| Ago/02       | 150                   | 0,20        | 1,01        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,81        | 15,29             | 98,67              |
| Set/02       | 145                   | 0,10        | 1,0         | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,82        | 17,86             | 97,93              |
| Out/02       | 150                   | 0,50        | 2,0         | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,84        | 18,36             | 100,0              |
| Nov/02       | 145                   | 0,70        | 1,0         | 0,80        | 0,80        | 0,90        | 0,83        | 10,50             | 100,0              |
| Dez/02       | 150                   | 0,60        | 1,0         | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,80        | 11,93             | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>1.480</b>          | <b>0,10</b> | <b>2,0</b>  | <b>0,80</b> | <b>0,70</b> | <b>0,90</b> | <b>0,80</b> | <b>17,89</b>      | <b>98,78</b>       |
| Jan/03       | 150                   | 0,30        | 1,20        | 0,70        | 0,60        | 0,80        | 0,73        | 21,13             | 96,67              |
| Fev/03       | 135                   | 0,30        | 1,0         | 0,70        | 0,70        | 0,80        | 0,74        | 16,59             | 98,52              |
| Mar/03       | 150                   | 0,40        | 1,10        | 0,80        | 0,70        | 0,80        | 0,75        | 18,01             | 96,55              |
| Abr/03       | 145                   | 0,30        | 1,0         | 0,70        | 0,60        | 0,80        | 0,73        | 20,47             | 95,86              |
| Mai/03       | 150                   | 0,30        | 1,0         | 0,80        | 0,60        | 0,90        | 0,76        | 19,37             | 98,00              |
| Jun/03       | 145                   | 0,40        | 1,30        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,76        | 19,04             | 99,31              |
| Jul/03       | 150                   | 0,30        | 1,0         | 0,70        | 0,70        | 0,80        | 0,72        | 20,03             | 94,67              |
| Ago/03       | 145                   | 0,40        | 1,0         | 0,80        | 0,70        | 0,80        | 0,76        | 16,10             | 98,62              |
| Set/03       | 145                   | 0,40        | 1,0         | 0,70        | 0,70        | 0,80        | 0,75        | 17,09             | 97,93              |
| Out/03       | 150                   | 0,30        | 1,30        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,78        | 20,75             | 96,67              |
| Nov/03       | 145                   | 0,30        | 1,30        | 0,80        | 0,70        | 0,90        | 0,78        | 20,64             | 96,55              |
| Dez/03       | 145                   | 0,40        | 1,10        | 0,70        | 0,70        | 0,80        | 0,75        | 17,30             | 97,93              |
| <b>Anual</b> | <b>1.755</b>          | <b>0,30</b> | <b>1,30</b> | <b>0,80</b> | <b>0,70</b> | <b>0,80</b> | <b>0,75</b> | <b>19,13</b>      | <b>97,26</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Tabela 37 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |            |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo     | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Abr/02       | 1                     | 0,0        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Mai/02       | 1                     | 0,25       | 0,25        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Jun/02       | 4                     | 0,0        | 0,20        | 0,10        | 0,08        | 0,13        | 0,10        | 81,65             | 25,0               |
| Jul/02       | 4                     | 0,0        | 0,05        | 0,03        | 0,0         | 0,05        | 0,03        | 115,47            | 0,0                |
| Ago/02       | 4                     | 0,0        | 0,20        | 0,10        | 0,08        | 0,13        | 0,10        | 81,65             | 25,0               |
| Set/02       | 6                     | 0,0        | 0,10        | 0,05        | 0,01        | 0,05        | 0,04        | 90,33             | 0,0                |
| Out/02       | 4                     | 0,0        | 0,10        | 0,08        | 0,04        | 0,10        | 0,06        | 76,59             | 0,0                |
| Nov/02       | 4                     | 0,0        | 0,20        | 0,15        | 0,15        | 0,20        | 0,15        | 57,74             | 75,0               |
| Dez/02       | 4                     | 0,0        | 0,20        | 0,03        | 0,0         | 0,09        | 0,06        | 151,44            | 25,0               |
| <b>Anual</b> | <b>33</b>             | <b>0,0</b> | <b>0,25</b> | <b>0,05</b> | <b>0,0</b>  | <b>0,10</b> | <b>0,08</b> | <b>98,80</b>      | <b>24,24</b>       |
| Jan/03       | 3                     | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0               | 0,0                |
| Fev/03       | 5                     | 0,0        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,20        | 0,16        | 55,90             | 75,0               |
| Mar/03       | 3                     | 0,0        | 0,15        | 0,10        | 0,05        | 0,13        | 0,08        | 91,65             | 0,0                |
| Abr/03       | 5                     | 0,0        | 1,94        | 0,41        | 0,30        | 0,70        | 0,67        | 112,37            | 75,0               |
| Mai/03       | 4                     | 0,21       | 0,76        | 0,36        | 0,29        | 0,48        | 0,42        | 56,78             | 100,0              |
| Jun/03       | 4                     | 0,05       | 0,25        | 0,11        | 0,07        | 0,17        | 0,13        | 67,94             | 25,0               |
| Jul/03       | 5                     | 0,04       | 0,40        | 0,13        | 0,05        | 0,32        | 0,19        | 86,87             | 60,0               |
| Ago/03       | 3                     | 0,05       | 0,20        | 0,15        | 0,10        | 0,18        | 0,13        | 57,28             | 33,33              |
| Set/03       | 5                     | 0,05       | 0,35        | 0,25        | 0,20        | 0,30        | 0,23        | 50,05             | 80,0               |
| Out/03       | 4                     | 0,0        | 0,15        | 0,08        | 0,04        | 0,11        | 0,08        | 86,07             | 0,0                |
| Nov/03       | 4                     | 0,0        | 0,35        | 0,05        | 0,0         | 0,16        | 0,11        | 146,85            | 25,0               |
| Dez/03       | 5                     | 0,0        | 0,30        | 0,05        | 0,02        | 0,12        | 0,10        | 124,22            | 20,0               |
| <b>Anual</b> | <b>50</b>             | <b>0,0</b> | <b>1,94</b> | <b>0,15</b> | <b>0,05</b> | <b>0,29</b> | <b>0,21</b> | <b>146,32</b>     | <b>44,0</b>        |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Os resultados encontrados revelam que o sistema de abastecimento ETA III apresenta perigos associados à distribuição de água sem garantia sistemática de residuais de desinfetante, sendo este mais significativo que o observado para os sistemas ETA I e ETA II.

A Tabela 38 apresenta os resultados dos testes de correlação entre as variáveis de qualidade da água para a rede de distribuição.

Tabela 38 – Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água na rede de distribuição, sistema ETA III, distrito Correia de Almeida, março de 2002 a dezembro de 2003

| Variáveis                              | Parâmetros |                        |                   |           |                         |           |
|--|------------|------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|  | Pares      | Coef. $r_{\phi}^{(1)}$ | Coef. $r_s^{(2)}$ | $p^{(3)}$ | $R^{2(4)}$              | $t^{(5)}$ |
| CT <sup>(6)</sup> x CRL <sup>(7)</sup> | 83         | 0,0758                 | -                 | 0,7618    | -                       | -         |
| CT x Turbidez                          | 91         | 0,0853                 | -                 | 0,9662    | -                       | -         |
| CT x <i>E. coli</i>                    | 83         | 0,3381                 | -                 | 0,1688    | -                       | -         |
| <i>E. coli</i> x CRL                   | 83         | 0,0831                 | -                 | 0,7717    | -                       | -         |
| <i>E. coli</i> x Turbidez              | 83         | 0,0214                 | -                 | 0,0124    | 4,57 x 10 <sup>-4</sup> | -         |
| CRL x Turbidez                         | 83         | -                      | -0,3014           | 0,0056    | -                       | -2,8447   |

Notas: (1) coeficiente de correlação Phi; (2) coeficiente de correlação de Spearman; (3) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (4) coeficiente de determinação; (5) valor do teste; (6) coliformes totais; e (7) cloro residual livre.

Considerando as variáveis analisadas, excetuando-se a correlação entre *E. coli* e turbidez e CRL e turbidez não identificamos qualquer correlação estatisticamente significativa para os pares apresentados na Tabela 38.

A correlação positiva entre *E. coli* e turbidez, apesar de ter apresentada coeficiente de correlação bastante reduzido (0,0457%), pode corroborar a existência de problemas nesse sistema de abastecimento, uma vez que a turbidez pode ser indicativo de presença de matéria orgânica e, conseqüentemente, contaminação fecal, comprovada pela ocorrência de *E. coli*. Considerando, a correlação entre CRL e turbidez, também aqui, aparentemente, o sentido da correlação é mais coerente, uma vez que à medida que aumentam os valores de CRL diminuem os de turbidez e vice-versa. A presença de turbidez na rede de abastecimento pode levar ao consumo do CRL, explicando os resultados encontrados.

#### 5.3.2.4. Sistema de abastecimento ETA IV

O sistema ETA IV, que abastece a população residente no distrito Padre Brito, apresentou atendimento ao padrão bacteriológico em 100% das amostras coletadas na saída do tratamento. Na rede de distribuição, em apenas um mês (outubro de 2002) o padrão não foi atendido. Entretanto, nesta ocasião, das três amostras coletadas, duas apresentaram resultado positivo para coliformes totais e *E.coli*, o que indica a possível existência de falhas no tratamento ou, mais sugestivamente, recontaminação (Tabela 39).

Apesar do sistema de abastecimento ETA IV ter apresentado percentual de atendimento ao padrão bacteriológico, tanto na saída do tratamento (100%) quanto na rede de distribuição (95,24%) (Tabela 39), aparentemente superior ao observado para os sistemas ETA I (88% e 44%), ETA II (84% e 48%) e ETA III (92% e 80%), não podemos afirmar que o desempenho apresentado por esse sistema de abastecimento tenha sido de fato melhor, devido ao número extremamente reduzido de amostras analisadas e não atendimento ao plano mínimo de amostragem durante todo o período de estudo. Conforme o plano de amostragem previsto na Portaria, deveriam ser analisadas, mensalmente, dez amostras para coliformes na rede de distribuição, quando, na verdade, em todos os 25 meses estudados o número máximo foi de três amostras analisadas (Tabela 16).

Os resultados da análise de turbidez da água tratada e distribuída pela ETA IV no período de estudo estão apresentados nas Tabelas 40 a 42.

A sistematização dos dados de turbidez da água na saída do tratamento, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez, está apresentada na Tabela 41.

O percentual de atendimento ao padrão de turbidez na saída do tratamento ( $\leq 1$  uT), variou entre 66,67 e 100% (Tabela 41), sendo, desta forma, superior ao percentual apresentado pela ETA I (médias anuais entre 1,44 e 40%) e ETA III (médias anuais entre 55 e 99,20%) e inferior ao percentual observado para ETA II (médias anuais variando de 91,91 a 100%) (Tabelas 20, 34 e 27).

O percentual de atendimento às metas de turbidez indicadoras da remoção de protozoários alcançaram atendimento à ‘meta de remoção de *Cryptosporidium*’ (0,3 uT) e ‘*Giardia*’ (0,5 uT) semelhantes (62,5 - 83,33%) e superiores aos percentuais apresentados para os demais sistemas, ETA I (atendimento não relevante), ETA II (20 - 60% para remoção de *Cryptosporidium* e 50 - 80% para remoção de *Giardia*), ETA III (1,88 - 20,05% para remoção de *Cryptosporidium* e 11,89 - 49,05% para remoção de *Giardia*).

Tabela 39 – Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Mês/<br>Ano | Saída do Tratamento |                                   |                            |                          |                         | Rede de Distribuição |                                   |                            |                          |                         |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
|             | Número de Amostras  |                                   |                            | IB<br>(%) <sup>(1)</sup> | A/<br>NA <sup>(2)</sup> | Número de Amostras   |                                   |                            | IB<br>(%) <sup>(1)</sup> | A/<br>NA <sup>(2)</sup> |
|             | Total               | Positivas<br>Coliformes<br>totais | Positivas<br><i>E.coli</i> |                          |                         | Total                | Positivas<br>Coliformes<br>totais | Positivas<br><i>E.coli</i> |                          |                         |
| Mar/02      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 0                        | A                       |
| Abr/02      | -                   | -                                 | -                          | -                        | -                       | -                    | -                                 | -                          | -                        | -                       |
| Mai/02      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 2                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Jun/02      | -                   | -                                 | -                          | -                        | -                       | -                    | -                                 | -                          | -                        | -                       |
| Jul/02      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 3                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Ago/02      | -                   | -                                 | -                          | -                        | -                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Set/02      | -                   | -                                 | -                          | -                        | -                       | -                    | -                                 | -                          | -                        | -                       |
| Out/02      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 3                    | 2,0                               | 2,0                        | 33,33                    | NA                      |
| Nov/02      | -                   | -                                 | -                          | -                        | -                       | -                    | -                                 | -                          | -                        | -                       |
| Dez/02      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Jan/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Fev/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Mar/03      | -                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | -                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Abr/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Mai/03      | -                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | -                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Jun/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Jul/03      | -                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | -                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Ago/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Set/03      | -                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | -                    | -                                 | -                          | -                        | -                       |
| Out/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Nov/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Dez/03      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Jan/04      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Fev/04      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |
| Mar/04      | 1                   | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       | 1                    | 0                                 | 0                          | 100,0                    | A                       |

Notas: (1) IB: índice bacteriológico; e (2) A: atende; NA: não atende.



Os valores máximos de turbidez encontrados na saída do tratamento (1,0 a 1,10 uT) (Tabela 39), foram bem menores que os observados para ETA I (6,90 a 20,0), ETA II (1,0 a 4,80) e ETA III (1,90 a 2,50) (Tabelas 19, 26 e 33). O fato da água distribuída pelo sistema ETA IV ser proveniente de manancial subterrâneo, certamente ajuda a explicar os valores menores de turbidez da água.

Na rede de distribuição, o atendimento ao padrão de turbidez só não foi verificado em outubro de 2002. Porém, neste mês o valor máximo foi bastante elevado (15,2 uT) e coincide com a detecção de coliformes e *E.coli* na rede.

A correlação entre turbidez na entrada e no sistema de distribuição para a ETA IV não foi significativa ( $p = 0,7454$ ,  $r_s = 0,0851$ ), revelando que valores elevados de turbidez na rede de distribuição provavelmente não foram influenciados por valores aumentados na saída do tratamento. Como as tubulações da rede de distribuição da ETA IV são de PVC e não há influência direta do material da rede na elevação da turbidez, isso poderia, então, estar associado com a ocorrência de infiltrações durante a distribuição da água, hipótese esta reforçada pela detecção de coliformes totais e *E. coli* na rede (Tabela 39). Cabe a ressalva de que o banco de dados em que se baseia esta análise é bastante limitado.

Ressalta-se que o manancial do sistema ETA IV é subterrâneo (artesiano), o que reforça a sugestão de uma certa precariedade do sistema de distribuição.

Devido ao número extremamente reduzido de amostras analisadas, a comparação entre a qualidade da água distribuída pelo sistema de abastecimento ETA IV e os demais sistemas fica prejudicada. Entretanto, a própria limitação do monitoramento e a detecção de *E. coli* e de picos correspondentes de turbidez na rede, permitem identificar perigos associados à distribuição da água.

Destacamos ainda, que a caracterização do perigo, associado a parâmetros referentes ao monitoramento da água distribuída pelo sistema ETA IV, é marcadamente importante, visto que, como já ressaltado anteriormente, o plano mínimo de amostragem não foi cumprido, impedindo garantir que a água consumida pela população é segura.

Nas Tabelas 43 e 44, apresenta-se a sistematização dos dados de CRL da água na saída do tratamento e na rede de distribuição, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS nº 518/2004 ( 0,5 mg/L após a desinfecção e 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição).

Tabela 40 – Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |            |             |             |             |             |             |                   |
|--------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo     | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 1,0        | 1,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Abr/02       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mai/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jun/02       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jul/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Ago/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Set/02       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Out/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Nov/02       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Dez/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| <b>Anual</b> | <b>6</b>              | <b>0,0</b> | <b>1,0</b>  | <b>0,0</b>  | <b>0,0</b>  | <b>0,0</b>  | <b>0,17</b> | <b>244,95</b>     |
| Jan/03       | 1                     | 1,10       | 1,10        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Fev/03       | 1                     | 0,27       | 0,27        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mar/03       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Abr/03       | 1                     | 0,20       | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mai/03       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jun/03       | 1                     | 0,25       | 0,25        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jul/03       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Ago/03       | 1                     | 1,0        | 1,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Set/03       | -                     | -          | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Out/03       | 1                     | 0,89       | 0,89        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Nov/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Dez/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| <b>Anual</b> | <b>8</b>              | <b>0,0</b> | <b>1,10</b> | <b>0,26</b> | <b>0,15</b> | <b>0,92</b> | <b>0,46</b> | <b>98,38</b>      |
| Jan/04       | 1                     | 1,10       | 1,10        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Fev/04       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mar/04       | 1                     | 0,27       | 0,27        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,0</b> | <b>1,10</b> | <b>0,27</b> | <b>0,14</b> | <b>0,69</b> | <b>0,46</b> | <b>125,53</b>     |

Notas : (1) N: número de amostras; e (2) CV: coeficiente de variação (%).

Tabela 41 – Percentual de atendimento e não atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | £ 0,3 uT     | £ 0,5 uT     | £ 1,0 uT     | > 1,0 uT     |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Mar/02       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Abr/02       | -            | -            | -            | -            |
| Mai/02       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Jun/02       | -            | -            | -            | -            |
| Jul/02       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Ago/02       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Set/02       | -            | -            | -            | -            |
| Out/02       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Nov/02       | -            | -            | -            | -            |
| Dez/02       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| <b>Anual</b> | <b>83,33</b> | <b>83,33</b> | <b>100,0</b> | <b>0,0</b>   |
| Jan/03       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,00       |
| Fev/03       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Mar/03       | -            | -            | -            | -            |
| Abr/03       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Mai/03       | -            | -            | -            | -            |
| Jun/03       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Jul/03       | -            | -            | -            | -            |
| Ago/03       |              |              | 100,0        | 0,0          |
| Set/03       | -            | -            | -            | -            |
| Out/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Nov/03       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Dez/03       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| <b>Anual</b> | <b>62,5</b>  | <b>62,5</b>  | <b>87,5</b>  | <b>12,5</b>  |
| Jan/04       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,00       |
| Fev/04       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Mar/04       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| <b>Anual</b> | <b>66,67</b> | <b>66,67</b> | <b>66,67</b> | <b>33,33</b> |

Tabela 42 – Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |              |             |             |             |             |                   |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo       | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | IT <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,35        | 0,35         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Abr/02       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Mai/02       | 2                     | 0,15        | 0,20         | 0,18        | 0,16        | 0,19        | 0,18        | 20,20             | 100,0             |
| Jun/02       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Jul/02       | 3                     | 0,27        | 1,78         | 0,37        | 0,32        | 1,08        | 0,81        | 104,68            | 100,0             |
| Ago/02       | 1                     | 0,26        | 0,26         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Set/02       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Out/02       | 3                     | 0           | 15,20        | 0,80        | 0,40        | 8,0         | 5,33        | 160,39            | 66,67             |
| Nov/02       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Dez/02       | 1                     | 1,0         | 1,0          | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>11</b>             | <b>0,15</b> | <b>15,20</b> | <b>0,36</b> | <b>0,26</b> | <b>0,95</b> | <b>2,04</b> | <b>228,27</b>     | <b>90,90</b>      |
| Jan/03       | 1                     | 0,23        | 0,23         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Fev/03       | 1                     | 0,90        | 0,90         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mar/03       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Abr/03       | 1                     | 0,10        | 0,10         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mai/03       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Jun/03       | 1                     | 0,11        | 0,11         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Jul/03       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Ago/03       | 1                     | 0,30        | 0,30         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Set/03       | -                     | -           | -            | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Out/03       | 1                     | 0,26        | 0,26         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Nov/03       | 1                     | 0,11        | 0,11         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Dez/03       | 1                     | 0,21        | 0,21         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>8</b>              | <b>0,10</b> | <b>0,90</b>  | <b>0,22</b> | <b>0,11</b> | <b>0,27</b> | <b>0,28</b> | <b>94,63</b>      | <b>100,0</b>      |
| Jan/04       | 1                     | 0,50        | 0,50         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Fev/04       | 1                     | 0,0         | 0,0          | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mar/04       | 1                     | 0,10        | 0,10         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,0</b>  | <b>0,50</b>  | <b>0,10</b> | <b>0,05</b> | <b>0,30</b> | <b>0,20</b> | <b>132,29</b>     | <b>100,0</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) IT: índice de turbidez (%).

Mesmo com o precário monitoramento, os dados disponíveis revelam dificuldades no atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação (Tabelas 43 e 44), identificando-se aí uma situação de perigo.

De novo, a análise comparativa entre esse sistema e os demais fica bastante prejudicada devido ao número extremamente reduzido de amostras coletadas

Porém, destacamos que a caracterização de perigos associados a parâmetros referentes ao monitoramento da água distribuída pelo sistema ETA IV é particularmente importante, haja vista a limitação dos planos de amostragem.

A Tabela 45 traz os resultados dos testes de correlação entre as variáveis de qualidade da água na rede de distribuição do sistema ETA IV.

A correlação entre os dados de turbidez, na rede de distribuição, e a presença ou ausência de amostras positivas para coliformes totais foi significativa, sendo que a proporção da variação de amostras positivas ou negativas para coliformes que encontra respaldo na variação dos valores de turbidez é de 100,0%. O mesmo comportamento foi observado ao se correlacionar as variáveis presença ou ausência de amostras positivas para *E. coli* e dados de turbidez. Também as variáveis coliformes totais e *E. coli* estiveram correlacionadas.

Chamamos atenção para o reduzido número de pares analisados nesse sistema de abastecimento. Entretanto, a correlação entre coliformes totais e *E. coli* é esperada, pois compreendem bactérias da mesma família (*Enterobacteriaceae*). As correlações entre turbidez e indicadores bacteriológicos podem reforçar os problemas identificados nesse sistema de abastecimento, uma vez que a ocorrência de turbidez pode significar presença de matéria orgânica e esta, material fecal, conforme comprovado pela presença de coliformes e *E. coli*.

Estes resultados são de grande significado e reforçam os indícios de precariedade (perigo) do sistema de distribuição.

#### **5.3.2.5. Sistema de abastecimento ETA V**

No sistema ETA V, que abastece o distrito Senhora das Dores, assim como destacado para o sistema ETA IV, não houve atendimento ao plano mínimo de amostragem em nenhum dos meses trabalhados. O número bastante reduzido de amostras de água analisadas certamente não é representativo da água distribuída nesse distrito e a comparação do sistema de abastecimento ETA V com os demais ficou prejudicada.

Tabela 43 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,30        | 0,30        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Abr/02       | -                     |             |             | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Mai/02       | 1                     | 0,45        | 0,45        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Jun/02       | -                     |             |             | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Jul/02       | 1                     | 1,0         | 1,0         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Ago/02       | 1                     | 0,50        | 0,50        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Set/02       | -                     |             |             | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Out/02       | 1                     | 0,40        | 0,40        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Nov/02       | -                     |             |             | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Dez/02       | 1                     | 0,50        | 0,50        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>6</b>              | <b>0,30</b> | <b>1,0</b>  | <b>0,48</b> | <b>0,41</b> | <b>0,50</b> | <b>0,53</b> | <b>46,56</b>      | <b>50,0</b>        |
| Jan/03       | 1                     | 0,28        | 0,28        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Fev/03       | 1                     | 0,31        | 0,31        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Mar/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Abr/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Mai/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Jun/03       | 1                     | 0,26        | 0,26        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Jul/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Ago/03       | 1                     | 0,50        | 0,50        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Set/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Out/03       | 1                     | 0,55        | 0,55        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Nov/03       | 1                     | 0,37        | 0,37        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Dez/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>8</b>              | <b>0,20</b> | <b>0,55</b> | <b>0,30</b> | <b>0,25</b> | <b>0,40</b> | <b>0,33</b> | <b>39,29</b>      | <b>25,0</b>        |
| Jan/04       | 1                     | 0,55        | 0,55        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Fev/04       | 1                     | 0,48        | 0,48        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Mar/04       | 1                     | 0,50        | 0,50        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,48</b> | <b>0,55</b> | <b>0,50</b> | <b>0,49</b> | <b>0,53</b> | <b>0,51</b> | <b>7,07</b>       | <b>66,67</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Tabela 44 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,20        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Abr/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Mai/02       | 2                     | 0,15        | 0,20        | 0,06        | 0,03        | 0,08        | 0,06        | 141,42            | 50,0               |
| Jun/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Jul/02       | 3                     | 0,05        | 0,85        | 0,60        | 0,33        | 0,73        | 0,50        | 81,85             | 33,33              |
| Ago/02       | 1                     | 0,30        | 0,30        |             |             |             |             |                   | 100,0              |
| Set/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Out/02       | 3                     | 0,0         | 0,05        | 0,0         | 0,0         | 0,03        | 0,02        | 173,21            | 0,0                |
| Nov/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Dez/02       | 1                     | 0,07        | 0,07        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>11</b>             | <b>0</b>    | <b>0,85</b> | <b>0,09</b> | <b>0,05</b> | <b>0,28</b> | <b>0,22</b> | <b>128,34</b>     | <b>36,36</b>       |
| Jan/03       | 1                     | 0,15        | 0,15        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Fev/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Mar/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Abr/03       | 1                     | 0,0         | 0,0         | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Mai/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Jun/03       | 1                     | 0,10        | 0,10        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Jul/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Ago/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Set/03       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Out/03       | 1                     | 0,17        | 0,17        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Nov/03       | 1                     | 0,10        | 0,10        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Dez/03       | 1                     | 0,06        | 0,06        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>8</b>              | <b>0</b>    | <b>0,20</b> | <b>0,13</b> | <b>0,09</b> | <b>0,18</b> | <b>0,12</b> | <b>57,68</b>      | <b>25,0</b>        |
| Jan/04       | 1                     | 0,19        | 0,19        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Fev/04       | 1                     | 0,20        | 0,20        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Mar/04       | 1                     | 0,10        | 0,10        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,10</b> | <b>0,20</b> | <b>0,19</b> | <b>0,15</b> | <b>0,20</b> | <b>0,16</b> | <b>33,72</b>      | <b>33,33</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Tabela 45 – Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água na rede de distribuição, sistema ETA IV, distrito Padre Brito, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis                              | Parâmetros |                        |                   |           |             |           |
|--|------------|------------------------|-------------------|-----------|-------------|-----------|
|  | Pares      | Coef. $r_{\phi}^{(1)}$ | Coef. $r_s^{(2)}$ | $p^{(3)}$ | $R^2^{(4)}$ | $t^{(5)}$ |
| CT <sup>(6)</sup> x CRL <sup>(7)</sup> | 21         | 0,1581                 | -                 | 0,7171    | -           | -         |
| CT x Turbidez                          | 21         | 1,0000                 | -                 | 0,0295    | 1,0000      | -         |
| CT x <i>E. coli</i>                    | 21         | 1,0000                 | -                 | 0,0295    | 1,0000      | -         |
| <i>E. coli</i> x CRL                   | 21         | 0,1581                 | -                 | 0,7171    | -           | -         |
| <i>E. coli</i> x Turbidez              | 21         | 1,0000                 | -                 | 0,0295    | 1,0000      | -         |
| CRL x Turbidez                         | 21         | -                      | 0,0327            | 0,8881    | -           | 0,1426    |

Notas: (1) coeficiente de correlação Phi; (2) coeficiente de correlação de Spearman; (3) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (4) coeficiente de determinação; (5) valor do teste; (6) Coliformes totais; e (7) cloro residual livre.

O atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade foi registrado em 77,27% dos meses trabalhados na saída do tratamento, sendo encontradas três amostras positivas para *E. coli*. Na rede de distribuição, o percentual de atendimento ao padrão de coliformes foi bem inferior (31,82%), com presença de duas amostras positivas para *E. coli* (Tabela 46). Ressalta-se que a água distribuída pelo sistema de abastecimento ETA V é proveniente de manancial subterrâneo (freático) e passa apenas pelo processo de cloração, diferentemente do sistema ETA IV, onde a água, também proveniente de manancial subterrâneo (artesian), é filtrada e clorada. Isso poderia explicar os percentuais de atendimento ao padrão bacteriológico superiores para ETA IV, correspondendo a 100% e 95,24%, dos meses trabalhados, respectivamente na saída do tratamento e na rede de distribuição.

Os dados referentes à ETA V indicam a ocorrência de possíveis falhas no tratamento e, ou, recontaminação durante a distribuição da água. Neste sentido é importante observar a coincidência da detecção de coliformes e, ou, *E. coli* na saída do tratamento e na rede em 2002 e 2003.

De qualquer forma, identificam-se, aqui, perigos associados ao tratamento e à distribuição da água.

Os resultados da análise de turbidez da água tratada e distribuída pela ETA V no período de estudo estão apresentados nas Tabelas 47 a 49.



Tabela 46 – Número de amostras coletadas, positivas e atendimento ao padrão bacteriológico de potabilidade, saída do tratamento e rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano | Saída do Tratamento |                             |                         |                       |                     | Rede de Distribuição |                             |                         |                       |                     |
|---------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
|         | Número de Amostras  |                             |                         | IB (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> | Número de Amostras   |                             |                         | IB (%) <sup>(1)</sup> | A/NA <sup>(2)</sup> |
|         | Total               | Positivas Coliformes totais | Positivas <i>E.coli</i> |                       |                     | Total                | Positivas Coliformes totais | Positivas <i>E.coli</i> |                       |                     |
| Mar/02  | 1                   | 1                           | 1                       | 0,0                   | NA                  | 1                    | 1                           | 1                       | 0,0                   | NA                  |
| Abr/02  | -                   | -                           | -                       | -                     | -                   | -                    | -                           | -                       | -                     | -                   |
| Mai/02  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Jun/02  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Jul/02  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Ago/02  | 1-                  | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Set/02  | -                   | -                           | -                       | -                     | -                   | -                    | -                           | -                       | -                     | -                   |
| Out/02  | -                   | -                           | -                       | -                     | -                   | -                    | -                           | -                       | -                     | -                   |
| Nov/02  | 1                   | 1                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Dez/02  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Jan/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Fev/03  | 1                   | 1                           | 1                       | 0,0                   | NA                  | 1                    | 1                           | 1                       | 0,0                   | NA                  |
| Mar/03  | 1                   | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Abr/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Mai/03  | 1                   | 1                           | 1                       | 0,0                   | NA                  | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Jun/03  | 1                   | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Jul/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Ago/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Set/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Out/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Nov/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 1                           | 0                       | 0,0                   | NA                  |
| Dez/03  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Jan/04  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Fev/04  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |
| Mar/04  | 1                   | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   | 1                    | 0                           | 0                       | 100,0                 | A                   |

Notas: (1) IB: índice bacteriológico; e (2) A: atende; NA: não atende.

Tabela 47 – Estatística descritiva dos dados de turbidez, saída do tratamento, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 1           | 1           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Abr/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mai/02       | 1                     | 2,35        | 2,35        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jun/02       | 1                     | 4,36        | 4,36        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jul/02       | 1                     | 9,12        | 9,12        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Ago/02       | 1                     | 3,23        | 3,23        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Set/02       |                       |             |             | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Out/02       |                       |             |             | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Nov/02       | 1                     | 0           | 0           | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Dez/02       | 1                     | 0,15        | 0,15        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| <b>Anual</b> | <b>7</b>              | <b>1</b>    | <b>9,12</b> | <b>3,23</b> | <b>2,64</b> | <b>5,94</b> | <b>4,36</b> | <b>67,08</b>      |
| Jan/03       | 1                     | 0,11        | 0,11        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Fev/03       | 1                     | 0,74        | 0,74        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mar/03       | 1                     | 8,48        | 8,48        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Abr/03       | 1                     | 0,90        | 0,90        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mai/03       | 1                     | 1           | 1,0         | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jun/03       | 1                     | 0,67        | 0,67        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Jul/03       | 1                     | 6,03        | 6,03        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Ago/03       | 1                     | 1,10        | 1,10        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Set/03       | 1                     | 6,95        | 6,95        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Out/03       | 1                     | 0,91        | 0,91        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Nov/03       | 1                     | 1,37        | 1,37        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Dez/03       | 3                     | 0,07        | 0,07        | 0,62        | 0,35        | 0,64        | 0,45        | 73,11             |
| <b>Anual</b> | <b>14</b>             | <b>0,07</b> | <b>8,48</b> | <b>0,91</b> | <b>0,66</b> | <b>1,30</b> | <b>2,11</b> | <b>132,18</b>     |
| Jan/04       | 1                     | 0,66        | 0,66        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Fev/04       | 1                     | 1,23        | 1,23        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| Mar/04       | 1                     | 0,78        | 0,78        | -           | -           | -           | -           | -                 |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,66</b> | <b>1,23</b> | <b>0,78</b> | <b>0,72</b> | <b>1,01</b> | <b>0,89</b> | <b>33,76</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras ; e (2) CV: coeficiente de variação (%).

Tabela 48 – Percentual de atendimento e não atendimento ao padrão e metas de turbidez de água, saída do tratamento, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | £ 0,3 uT     | £ 0,5 uT     | £ 1,0 uT     | > 1,0 uT     |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Mar/02       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Abr/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Mai/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Jun/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Jul/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Ago/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Set/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Out/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Nov/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Dez/02       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| <b>Anual</b> | <b>0,0</b>   | <b>0,0</b>   | <b>14,28</b> | <b>85,72</b> |
| Jan/03       | 100,0        | 100,0        | 100,0        | 0,0          |
| Fev/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Mar/03       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Abr/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Mai/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Jun/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Jul/03       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Ago/03       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Set/03       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Out/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Nov/03       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| Dez/03       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| <b>Anual</b> | <b>14,28</b> | <b>14,28</b> | <b>64,28</b> | <b>35,72</b> |
| Jan/04       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Fev/04       | 0,0          | 0,0          | 100,0        | 0,0          |
| Mar/04       | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 100,0        |
| <b>Anual</b> | <b>0,0</b>   | <b>0,0</b>   | <b>66,67</b> | <b>33,33</b> |

Tabela 49 – Estatística descritiva dos dados de turbidez e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                   |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | IT <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,45        | 0,45        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Abr/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Mai/02       | 1                     | 2,15        | 2,15        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Jun/02       | 1                     | 1           | 1           | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Jul/02       | 1                     | 1           | 1           | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Ago/02       | 1                     | 1,87        | 1,87        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Set/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Out/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Nov/02       | 1                     | 1,03        | 1,03        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Dez/02       | 1                     | 1           | 1           | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>7</b>              | <b>0,45</b> | <b>2,15</b> | <b>1</b>    | <b>1</b>    | <b>1,45</b> | <b>1,21</b> | <b>48,27</b>      | <b>100,0</b>      |
| Jan/03       | 1                     | 0           | 0           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                 |
| Fev/03       | 1                     | 0,68        | 0,68        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mar/03       | 1                     | 2,10        | 2,10        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Abr/03       | 1                     | 1,09        | 1,09        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mai/03       | 1                     | 0,70        | 0,70        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Jun/03       | 1                     | 0,30        | 0,30        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Jul/03       | 1                     | 1,90        | 1,90        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Ago/03       | 1                     | 1           | 1           | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Set/03       | 1                     | 1,23        | 1,23        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Out/03       | 1                     | 0,50        | 0,50        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Nov/03       | 1                     | 1,01        | 1,01        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Dez/03       | 1                     | 0,80        | 0,80        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>12</b>             | <b>0</b>    | <b>2,10</b> | <b>0,90</b> | <b>0,64</b> | <b>1,13</b> | <b>0,94</b> | <b>64,09</b>      | <b>100,0</b>      |
| Jan/04       | 1                     | 0,30        | 0,30        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Fev/04       | 1                     | 0,84        | 0,84        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| Mar/04       | 1                     | 0,51        | 0,51        | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0             |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,30</b> | <b>0,84</b> | <b>0,51</b> | <b>0,41</b> | <b>0,68</b> | <b>0,55</b> | <b>49,49</b>      | <b>100,0</b>      |

Notas : (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) IT: índice de turbidez (%).

A sistematização dos dados de turbidez da água na saída do tratamento, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão e metas de turbidez, está apresentada na Tabela 48.

O percentual de atendimento ao padrão de turbidez na saída do tratamento (1,0 uT) variou de 14,28 a 66,67% (Tabela 43), sendo superior ao apresentado pela ETA I (16,44 a 40%) e inferior ao observado para ETA II (91,91 a 100%), ETA III (55 a 99,20%) e ETA IV (66,67 a 100%), conforme Tabelas 20, 27, 34 e 41, respectivamente.

Com relação ao atendimento às metas indicadoras da remoção de protozoários, em 2002 e 2004 não houve atendimento às ‘metas remoção de *Cryptosporidium*’ (0,3 uT) e às ‘metas remoção de *Giardia*’ (0,5 uT) em nenhum dos meses trabalhados, já em 2003 as médias anuais de atendimento às metas de remoção de *Cryptosporidium* e *Giardia* foram semelhantes, ou seja, 14,28% (Tabela 48).

Os valores máximos de turbidez encontrados na saída do tratamento (1,23 a 9,12 uT) (Tabela 47) foram, de forma geral, inferiores aos apresentados pela ETA I (médias anuais variando de 6,90 a 20,0 uT) e superiores ao observado para ETA II (médias anuais entre 1,0 e 4,80 uT), ETA III (médias anuais entre 1,90 e 2,50 uT) e ETA IV (médias anuais variando de 1,0 a 1,10 uT) (Tabelas 18, 25, 32 e 39).

Em resumo, a ETA V apresenta um dos piores desempenhos de atendimento ao padrão e metas de turbidez, só superando o da ETA I.

O baixo atendimento ao padrão e metas de turbidez de água tratada no sistema ETA V é uma informação relevante, na medida em que este sistema é suprido por manancial subterrâneo (freático), mas apresenta maiores dificuldades que outros sistemas supridos por manancial superficial.

Na rede de distribuição, houve atendimento pleno às exigências da legislação em todos os meses analisados para o parâmetro turbidez (Tabela 48). Ressalta-se, novamente, que todo cuidado deve ser tomado para interpretação desse resultado, pois os dados se referem a um número extremamente reduzido de amostras.

Nas Tabelas 50 e 51, apresenta-se a sistematização dos dados de CRL da água na saída do tratamento e na rede de distribuição, em termos de estatística descritiva e percentual de atendimento ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria MS nº 518/2004 ( 0,5 mg/L após a desinfecção e 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição).

Na saída do tratamento, o padrão estabelecido pela legislação só foi atendido em maio de 2002. Na rede, o padrão ( 0,2 mg/L) jamais foi atendido e foram detectados

Tabela 50 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, saída do tratamento, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |             |             |             |             |             |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo      | Máximo      | Mediana     | 1º Quartil  | 3º Quartil  | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0           | 0           | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Abr/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Mai/02       | 1                     | 3,0         | 3,0         | -           | -           | -           | -           | -                 | 100,0              |
| Jun/02       | 1                     | 0,10        | 0,10        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Jul/02       | 1                     | 0,31        | 0,31        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Ago/02       | 1                     | 0,25        | 0,25        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Set/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Out/02       | -                     | -           | -           | -           | -           | -           | -           | -                 | -                  |
| Nov/02       | 1                     | 0           | 0           | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| Dez/02       | 1                     | 0,15        | 0,15        | -           | -           | -           | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>7</b>              | <b>0</b>    | <b>3,0</b>  | <b>0,15</b> | <b>0,05</b> | <b>0,28</b> | <b>0,54</b> | <b>200,10</b>     | <b>14,28</b>       |
| Jan/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Fev/03       | 1                     | 0,05        | 0,05        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Mar/03       | 1                     | 0,05        | 0,05        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Abr/03       | 1                     | 0,30        | 0,30        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Mai/03       | 1                     | 0,05        | 0,05        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Jun/03       | 1                     | 0,10        | 0,10        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Jul/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Ago/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Set/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Out/03       | 1                     | 0,05        | 0,05        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Nov/03       | 1                     | 0,20        | 0,20        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Dez/03       | 3                     | 0,10        | 0,10        | 0,60        | 0,35        | 1,36        | 0,94        | 111,72            | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>12</b>             | <b>0,05</b> | <b>2,11</b> | <b>0,20</b> | <b>0,06</b> | <b>0,20</b> | <b>0,32</b> | <b>170,34</b>     | <b>0,0</b>         |
| Jan/04       | 1                     | 0,33        | 0,33        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Fev/04       | 1                     | 0,30        | 0,30        |             |             |             |             |                   | 0,0                |
| Mar/04       | 1                     | 0,60        | 0,60        |             |             |             |             |                   | 100,0              |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,30</b> | <b>0,60</b> | <b>0,33</b> | <b>0,32</b> | <b>0,47</b> | <b>0,41</b> | <b>40,30</b>      | <b>33,33</b>       |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

Tabela 51 – Estatística descritiva dos dados de cloro residual e atendimento ao padrão de potabilidade, rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Mês/Ano      | Parâmetro Estatístico |            |             |            |            |            |             |                   |                    |
|--------------|-----------------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------------|--------------------|
|              | N <sup>(1)</sup>      | Mínimo     | Máximo      | Mediana    | 1º Quartil | 3º Quartil | Média       | CV <sup>(2)</sup> | ICR <sup>(3)</sup> |
| Mar/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Abr/02       | -                     | -          | -           | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Mai/02       | 1                     | 0,05       | 0,05        | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Jun/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Jul/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Ago/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Set/02       | -                     | -          | -           | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Out/02       | -                     | -          | -           | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Nov/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Dez/02       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>7</b>              | <b>0,0</b> | <b>0,05</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,01</b> | <b>264,58</b>     | <b>0,0</b>         |
| Jan/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Fev/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Mar/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Abr/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Mai/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Jun/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Jul/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Ago/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Set/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Out/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Nov/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Dez/03       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>12</b>             | <b>0,0</b> | <b>0,0</b>  | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b>  | <b>0,0</b>        | <b>0,0</b>         |
| Jan/04       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0                  |
| Fev/04       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| Mar/04       | 1                     | 0,0        | 0,0         | -          | -          | -          | -           | -                 | 0,0                |
| <b>Anual</b> | <b>3</b>              | <b>0,0</b> | <b>0,0</b>  | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b>  | <b>00</b>         | <b>0,0</b>         |

Notas: (1) N: número de amostras; (2) CV: coeficiente de variação (%); e (3) ICR: índice de cloro residual (%).

valores nulos de cloro residual com elevada frequência. Esses resultados são os piores dentre todos os sistemas analisados, o que, somado ao não atendimento ao plano mínimo de amostragem, indicam clara situação de perigo.

A Tabela 52 traz os resultados dos testes de correlação entre as variáveis de qualidade da água na rede de distribuição para o sistema ETA V.

Tabela 52 – Resultados dos testes de correlação entre variáveis da qualidade da água na rede de distribuição, sistema ETA V, distrito Senhora das Dores, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis           | Parâmetros |                        |                   |           |             |           |
|---------------------|------------|------------------------|-------------------|-----------|-------------|-----------|
|                     | Pares      | Coef. $r_{\phi}^{(1)}$ | Coef. $r_s^{(2)}$ | $p^{(3)}$ | $R^2^{(4)}$ | $t^{(5)}$ |
| CT x <i>E. coli</i> | 22         | 0,2160                 | -                 | 0,8281    | -           | -         |
| CRL x Turbidez      | 22         | -                      | 0,3623            | 0,0974    | -           | 1,7383    |

Notas: (1) coeficiente de correlação Phi; (2) coeficiente de correlação de Spearman; (3) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (4) coeficiente de determinação; (5) valor do teste; (6) Coliformes totais; e (7) cloro residual livre.

As análise de correlação entre as variáveis coliformes totais x *E. coli* e cloro residual livre x turbidez não resultaram em valores estatisticamente significativos ( $p > 0,05$ ). Para as demais variáveis apresentadas na Tabela 52, não foi possível a realização de testes de correlação devido à presença excessiva de valores nulos.

#### 5.4. Identificação e categorização de perigos associados ao abastecimento de água

Durante a discussão dos resultados disponibilizados pelo DEMA E, referentes ao monitoramento da qualidade da água distribuída no município de Barbacena, foram apontadas situações de perigo. A identificação desses perigos, rotineiramente, pelos profissionais que atuam na vigilância da qualidade da água para consumo humano, representa um grande passo, para que a metodologia de avaliação de risco seja adaptada como uma ferramenta prática e de fácil utilização.

Considerando os princípios dessa metodologia, procuramos apresentar uma possibilidade de análise das informações relacionadas aos sistemas de abastecimento de água estudados. Para tanto, foram trabalhados dados referentes a saída do tratamento e a rede de distribuição, sendo os seguintes itens avaliados:



- Atendimento ao plano mínimo de amostragem para os parâmetros turbidez, cloro residual livre, coliformes totais e *E. coli*. Os resultados foram avaliados em termos de meses em que não foi atendido o plano mínimo de amostragem preconizado na Portaria MS nº 518/2004 em relação ao número total de meses estudados, além dos percentuais de atendimento observados naqueles meses onde não houve atendimento integral.

- Avaliação da qualidade da água (coliformes totais e *E. coli*): os resultados foram avaliados, anualmente, em termos de percentual de não atendimento ao padrão de potabilidade (complemento do índice bacteriológico), além dos percentuais de atendimento observados naqueles meses onde não houve atendimento integral. A frequência de detecção de *E. coli* recebeu peso considerável.

- Avaliação da qualidade da água (turbidez e CRL): aqui também os resultados foram avaliados, anualmente, em termos de percentual de não atendimento ao padrão de potabilidade (complemento do índice de turbidez e do índice de cloro residual livre), além dos percentuais de atendimento observados naqueles meses onde não houve atendimento integral. Na avaliação da turbidez na saída do tratamento foi considerada não somente a frequência de atendimento ao padrão brasileiro de potabilidade, como também as metas indicadoras de remoção de protozoários.

Além destes fatores, na categorização dos perigos procurou-se ainda analisar o tipo de manancial e de técnica de tratamento, as informações sobre o estado de conservação das redes de distribuição, a existência de associações estatisticamente significativas entre a turbidez na saída do tratamento e na rede de distribuição, bem como, entre a presença de coliformes e os dados de cloro residual e turbidez na rede de distribuição.

A metodologia de avaliação de risco pressupõe o estabelecimento de critérios de aceitabilidade para o desempenho de aspectos analisados, procurando-se associá-los a uma consequência positiva ou negativa para a saúde da população. Nesse sentido, optamos pela categorização de cada item avaliado anualmente, de acordo com o grau de perigo que representam, para cada um dos sistemas de abastecimento estudados, uma vez que, na análise, não foram considerados aspectos relativos à ocorrência de agravos na população.

Foram utilizadas três categorias de acordo com itens descritos acima:

- Verde: situação de perigos menores ou inexistentes (a gradação verde claro para verde escuro significa melhoria do item avaliado).

- Laranja: situação de alerta, perigos intermediários (a gradação amarelo para laranja significa piora do item avaliado).

- Vermelho: situação de alerta máximo, perigos acentuados.

Destaca-se que, para a presente análise, os itens foram avaliados anualmente, todavia, deve-se considerar a possibilidade de alteração da frequência de análise, de acordo com a necessidade do serviço de vigilância. Desta forma, para uma melhor caracterização da situação de cada sistema de abastecimento e implementação ágil de medidas corretivas e preventivas, a avaliação pode ser, por exemplo, mensal ou, até mesmo, semanal.

Em relação ao cumprimento dos planos mínimos de amostragem, apenas o sistema ETA II apresentou uma situação satisfatória e estável ao longo do período de estudo. No sistema ETA I o plano é cumprido de forma satisfatória e estável, ou com melhora ao longo dos três anos analisados, na amostragem para os seguintes parâmetros: coliformes e cloro residual na saída do tratamento, turbidez na saída do tratamento e na rede de distribuição; entretanto, a amostragem para coliformes e cloro residual na rede deixa a desejar e não melhora no tempo, demonstrando um problema recorrente. Situação similar é identificada no sistema ETA III, para todos os parâmetros, na saída e na rede de distribuição. As situações de alerta identificadas chamam a necessidade de atuação da vigilância junto aos responsáveis pelo abastecimento para a adoção de medidas corretivas. Já nos sistemas IV e V, a amostragem é de todo precária, com situações de perigo identificadas em nível de alerta máximo; neste caso a necessidade de atuação da vigilância é premente, bem como mais incisiva é a necessidade de medidas corretivas, imediatas.

No que diz respeito à qualidade da água, os itens que mais chamam atenção e apontam para prioridades em termos de ação de vigilância, por apresentarem situação precária, sem melhora considerável, seriam:

- Sistema ETA I: turbidez e cloro residual na saída do tratamento, coliformes totais na rede de distribuição.

- Sistema ETA II: coliformes totais, *E. coli* e cloro residual na rede de distribuição.

- Sistema ETA III: cloro residual na rede de distribuição

- Sistema ETA IV: turbidez e cloro residual na saída do tratamento, cloro residual na rede de distribuição.

Tabela 53 – Categorização dos perigos no sistema de abastecimento ETA I, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Item Avaliado   | Saída do Tratamento |                   |                  | Rede de Distribuição |                   |                   |
|---|---------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|   | Situação em 2002    | Situação em 2003  | Situação em 2004 | Situação em 2002     | Situação em 2003  | Situação em 2004  |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: turbidez          | 60%<br>NA           | 33,33%<br>NA      | 0%<br>NA         | 20%<br>NA            | 0%<br>NA          | 0%<br>NA          |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: CRL               | 60%<br>NA           | 33,33%<br>NA      | 0%<br>NA         | 70%<br>NA            | 91,76%<br>NA      | 100%<br>NA        |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: coliformes totais | 0%<br>NA            | 0%<br>NA          | 0%<br>NA         | 70%<br>NA            | 91,76%<br>NA      | 100%<br>NA        |
| Qualidade bacteriológica da água: coliformes totais       | 0,95%<br>presença   | 2,51%<br>presença | 0%<br>presença   | 12,82%<br>presença   | 3,63%<br>presença | 9,86%<br>presença |
| Qualidade bacteriológica da água: <i>E. coli</i>          | 0%<br>presença      | 0%<br>presença    | 0%<br>presença   | 0,43%<br>presença    | 0%<br>presença    | 0%<br>presença    |
| Qualidade da água: turbidez                               | 83,56%<br>NA        | 47,48%<br>NA      | 59,26%<br>NA     | 21,51%<br>NA         | 13,8%<br>NA       | 0,78%<br>NA       |
| Qualidade da água: CRL                                    | 0,03%<br>NA         | 0,92%<br>NA       | 6,48%<br>NA      | 20,85%<br>NA         | 21,78%<br>NA      | 3,91%<br>NA       |

Tabela 54 – Categorização dos perigos no sistema de abastecimento, ETA II, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Item Avaliado   | Saída do Tratamento |                   |                  | Rede de Distribuição |                   |                   |
|---|---------------------|-------------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|   | Situação em 2002    | Situação em 2003  | Situação em 2004 | Situação em 2002     | Situação em 2003  | Situação em 2004  |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: turbidez          | 0%<br>NA            | 0%<br>NA          | 0%<br>NA         | 10%<br>NA            | 0%<br>NA          | 0%<br>NA          |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: CRL               | 0%<br>NA            | 0%<br>NA          | 0%<br>NA         | 0%<br>NA             | 0%<br>NA          | 0%<br>NA          |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: coliformes totais | 0%<br>NA            | 0%<br>NA          | 0%<br>NA         | 0%<br>NA             | 0%<br>NA          | 0%<br>NA          |
| Qualidade bacteriológica da água: coliformes totais       | 4,83%<br>presença   | 1,19%<br>presença | 0%<br>presença   | 15,18%<br>presença   | 3,81%<br>presença | 8,94%<br>presença |
| Qualidade bacteriológica da água: <i>E. coli</i>          | 1,45%<br>presença   | 0%<br>presença    | 0%<br>presença   | 2,35%<br>presença    | 0,18%<br>presença | 1,16%<br>presença |
| Qualidade da água: turbidez                               | 8,09%<br>NA         | 0,72%<br>NA       | 0%<br>NA         | 6,48%<br>NA          | 3,88%<br>NA       | 2,88%<br>NA       |
| Qualidade da água: CRL                                    | 0,03%<br>NA         | 0,07%<br>NA       | 0,1%<br>NA       | 40,5%<br>NA          | 29,45%<br>NA      | 13,44%<br>NA      |

Tabela 55 – Categorização dos perigos no sistema de abastecimento,ETA III, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Item Avaliado   | Saída do Tratamento |                  |                   | Rede de Distribuição |                   |                  |
|---|---------------------|------------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------------|
|   | Situação em 2002    | Situação em 2003 | Situação em 2004  | Situação em 2002     | Situação em 2003  | Situação em 2004 |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: turbidez          | 100%<br>NA          | 100%<br>NA       | ND <sup>(1)</sup> | 90%<br>NA            | 58,33%<br>NA      | ND               |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: CRL               | 100%<br>NA          | 100%<br>NA       | ND                | 100%<br>NA           | 100%<br>NA        | ND               |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: coliformes totais | 100%<br>NA          | 100%<br>NA       | ND                | 100%<br>NA           | 100%<br>NA        | ND               |
| Qualidade bacteriológica da água: coliformes totais       | 2,56%<br>presença   | 0%<br>presença   | ND                | 15,15%<br>presença   | 8,16%<br>presença | ND               |
| Qualidade bacteriológica da água: <i>E. coli</i>          | 2,56%<br>presença   | 2,0%<br>presença | ND                | 6,06%<br>presença    | 0%<br>presença    | ND               |
| Qualidade da água: turbidez                               | 44,29%<br>NA        | 0,80%<br>NA      | ND                | 6,07%<br>NA          | 2,0%<br>NA        | ND               |
| Qualidade da água: CRL                                    | 1,22%<br>NA         | 2,74%<br>NA      | ND                | 75,76%<br>NA         | 56%<br>NA         | ND               |

Nota: (1): ND: dados não disponíveis.

Tabela 56 – Categorização dos perigos no sistema de abastecimento, ETA IV, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Item Avaliado   | Saída do Tratamento |                  |                  | Rede de Distribuição |                  |                  |
|---|---------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|
|   | Situação em 2002    | Situação em 2003 | Situação em 2004 | Situação em 2002     | Situação em 2003 | Situação em 2004 |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: turbidez          | 100%<br>NA          | 100%<br>NA       | 100%<br>NA       | 100%<br>NA           | 100%<br>NA       | 100%<br>NA       |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: CRL               | 100%<br>NA          | 100%<br>NA       | 100%<br>NA       | 100%<br>NA           | 100%<br>NA       | 100%<br>NA       |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: coliformes totais | 100%<br>NA          | 100%<br>NA       | 100%<br>NA       | 100%<br>NA           | 100%<br>NA       | 100%<br>NA       |
| Qualidade bacteriológica da água: coliformes totais       | 0%<br>presença      | 0%<br>presença   | 0%<br>presença   | 18,18%<br>presença   | 0%<br>presença   | 0%<br>presença   |
| Qualidade bacteriológica da água: <i>E. coli</i>          | 0%<br>presença      | 0%<br>presença   | 0%<br>presença   | 18,18%<br>presença   | 0%<br>presença   | 0%<br>presença   |
| Qualidade da água: turbidez                               | 0%<br>NA            | 12,5%<br>NA      | 33,33%<br>NA     | 9,10%<br>NA          | 0%<br>NA         | 0%<br>NA         |
| Qualidade da água: CRL                                    | 50%<br>NA           | 75%<br>NA        | 33,33%<br>NA     | 63,64%<br>NA         | 75%<br>NA        | 66,67%<br>NA     |

Tabela 57 – Categorização dos perigos no sistema de abastecimento, ETA V, saída do tratamento e rede de distribuição, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Item Avaliado   | Saída do Tratamento |                    |                  | Rede de Distribuição |                    |                  |
|---|---------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------|
|   | Situação em 2002    | Situação em 2003   | Situação em 2004 | Situação em 2002     | Situação em 2003   | Situação em 2004 |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: turbidez          | 100%<br>NA          | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       | 100%<br>NA           | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: CRL               | 100%<br>NA          | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       | 100%<br>NA           | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       |
| Atendimento ao plano mínimo amostragem: coliformes totais | 100%<br>NA          | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       | 100%<br>NA           | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       |
| Qualidade bacteriológica da água: coliformes totais       | 28,57%<br>presença  | 33,33%<br>presença | 0%<br>presença   | 71,42%<br>presença   | 83,33%<br>presença | 0%<br>presença   |
| Qualidade bacteriológica da água: <i>E. coli</i>          | 14,28%<br>presença  | 16,67%<br>presença | 0%<br>presença   | 14,28%<br>presença   | 8,33%<br>presença  | 0%<br>presença   |
| Qualidade da água: turbidez                               | 85,72%<br>NA        | 35,72%<br>NA       | 33,33%<br>NA     | 0%<br>NA             | 0%<br>NA           | 0%<br>NA         |
| Qualidade da água: CRL                                    | 85,72%<br>NA        | 100%<br>NA         | 66,67%<br>NA     | 100%<br>NA           | 100%<br>NA         | 100%<br>NA       |

- Sistema ETA V: turbidez e cloro residual livre na saída do tratamento, coliformes totais, *E. coli* e cloro residual livre na rede de distribuição.

A avaliação do atendimento ao plano mínimo de amostragem merece uma análise cuidadosa, já que o não cumprimento dificulta a avaliação dos demais itens. Nesse sentido, para os sistemas de abastecimento ETA III, ETA IV e ETA V, a interpretação de situações de perigos ‘menores’ ou ‘intermediários’ para os itens que avaliam parâmetros de qualidade da água (físico, químico e bacteriológico), deve ser relativizada, uma vez que a amostragem insuficiente pode mascarar perigos associados à qualidade da água. Assim, a precariedade dos planos de amostragem poderia, em si, colocar o sistema na categoria de ‘alerta máximo’. O vice-versa desta afirmativa encontra exemplo claro no sistema ETA II, onde um monitoramento mais intenso revela problemas na qualidade da água distribuída, incluindo a presença, com frequência de *E. coli*.

Por fim, é importante assinalar que a avaliação dos sistemas não objetivou a realização de análises comparativas e, sim, a representação da realidade de cada um dos sistemas estudados, apontando situações e intensidade dos perigos identificados, de forma a nortear as ações da vigilância da qualidade da água para consumo humano, de acordo com a necessidade e a urgência de medidas corretivas e preventivas.

### **5.5. Caracterização do perfil de morbidade por doenças diarréicas em crianças menores de dois anos, cadastradas no Programa Saúde da Família, município de Barbacena**

Os dados referentes à ocorrência de diarreia em crianças menores de dois anos, no período de março de 2002 a março de 2004, foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde e fazem parte do banco de dados do SIAB; desta forma, dizem respeito às crianças acompanhadas pelo PSF. Para efeito deste trabalho, foram utilizados dados das seis regiões sanitárias do distrito sede, Carmo, Funcionários, Grogotó, Santa Cecília, Santa Efigênia e Vilela, e de três distritos Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora das Dores. É importante atentar para o fato de que há uma provável subestimação dos dados referentes à ocorrência de diarreia, o que é evidenciado por prevalências bastante reduzidas em algumas das regiões estudadas, certamente devido a problemas como subnotificação e falhas no monitoramento da situação de saúde das famílias cadastradas no PSF.



A prevalência média de doença diarréica entre crianças menores de dois anos não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $\chi^2 = 3,19$ ;  $p = 0,074$ ) entre as regiões sanitárias do distrito sede e os outros três distritos estudados. Ressalva deve ser feita para a escassez dos dados referentes à ocorrência de diarréia em menores de dois anos em algumas das regiões estudadas, sobretudo na região sanitária Santa Cecília e no distrito Correia de Almeida, o que pode ter contribuído para o resultado encontrado.

Considerando o distrito sede, a análise da prevalência média revelou maior risco para a região sanitária Funcionários, sendo este estatisticamente significativo ( $p < 0,01$ ), conforme Tabela 58 e Gráfico 24. A diferença encontrada foi significativa também quando a análise foi realizada se excluindo a região sanitária Santa Cecília, cujos dados não contemplavam todo o período de estudo ( $p < 0,01$ ).

Destaca-se que, de maneira geral, a região sanitária Funcionários apresentou boas condições de saneamento básico, conforme as análises realizadas no item 5.1. Situação de saneamento básico das regiões sanitárias da zona urbana do distrito de Barbacena sob cobertura do PSF (Tabelas 2, 3, 4 e Gráficos 3, 6 e 9), o que, de certa forma, faz supor que outros fatores melhor expliquem a maior prevalência de diarréia entre as crianças menores de dois anos residentes nessa região.

Entre os distritos estudados, verificamos que Senhora das Dores apresentou a maior prevalência média de diarréia em crianças menores de dois anos, quando comparada a Padre Brito e Correia de Almeida (Tabela 59 e Gráfico 24), sendo a diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ). A diferença encontrada também foi significativa ( $p < 0,01$ ) quando a análise compreendeu apenas os distritos Padre Brito e Senhora das Dores, uma vez que os dados referentes ao ano de 2003 de Correia de Almeida não foram disponibilizados, devido a problemas operacionais do SIAB.

Partindo do pressuposto de que condições de saneamento são importantes e reconhecidos fatores de risco para a diarréia (LUDWIG *et al.*, 1999, VÁSQUEZ *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2004), nos distritos, aparentemente, esta associação foi mais nítida, uma vez que Senhora das Dores foi o distrito que apresentou as piores condições de saneamento, a partir das análises realizadas no item 5.2. Situação de saneamento básico de três distritos do município de Barbacena sob cobertura do PSF (Tabelas 7, 8 e 9 e Gráficos 14, 17 e 20).

Tabela 58 – Prevalência média de diarreia em crianças menores de dois anos, regiões sanitárias do distrito sede, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Região Sanitária | Total de Crianças < 2 Anos | Casos de Diarreia em Crianças < 2 Anos | Prevalência Média de Diarreia em Crianças < 2 Anos (%) <sup>(1)</sup> |
|------------------|----------------------------|--|---|
| Funcionários     | 2.042                      | 159                                    | 7,79 <sup>a</sup>   |
| Vilela           | 3.580                      | 134                                    | 3,74 <sup>bg</sup>  |
| Grogotó          | 3.476                      | 117                                    | 3,37 <sup>cgk</sup>   |
| Santa Efigênia   | 3.713                      | 85                                     | 2,29 <sup>dhkn</sup>  |
| Carmo            | 1.439                      | 26                                     | 1,81 <sup>eiinp</sup>   |
| Santa Cecília    | 2.183                      | 40                                     | 0,46 <sup>fjmoq</sup>   |
| Total            | 16.433                     | 561                                    | 3,41  |

Nota: (1) Letras iguais indicam que não há diferença estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%.

Tabela 59 – Prevalência média de diarreia em crianças menores de dois anos, de três distritos do município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004

| Distrito           | Total de Crianças < 2 Anos | Casos de Diarreia em Crianças < 2 Anos | Prevalência Média de Diarreia em Crianças < 2 Anos (%) <sup>(1)</sup> |
|--------------------|----------------------------|--|---|
| Senhora das Dores  | 582                        | 24                                     | 4,12 <sup>a</sup>   |
| Padre Brito        | 434                        | 4                                      | 0,92 <sup>b</sup>   |
| Correia de Almeida | 631                        | 2                                      | 0,32 <sup>b</sup>   |
| Total              | 1.647                      | 30                                     | 1,82  |

Nota: (1) Letras iguais indicam que não há diferença estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%.

Não houve caracterização de um comportamento sazonal (Gráficos 24, 25 e 26) na ocorrência de casos de diarreia, tanto nas regiões sanitárias quanto nos distritos Correia de Almeida, Padre Brito e Senhora das Dores, o que provavelmente se deve ao curto período de estudo (março de 2002 a março de 2004), comprometendo a análise temporal dos dados. Além disso, em algumas regiões faltam dados relativos à ocorrência de diarreia, provavelmente devido à subnotificação.

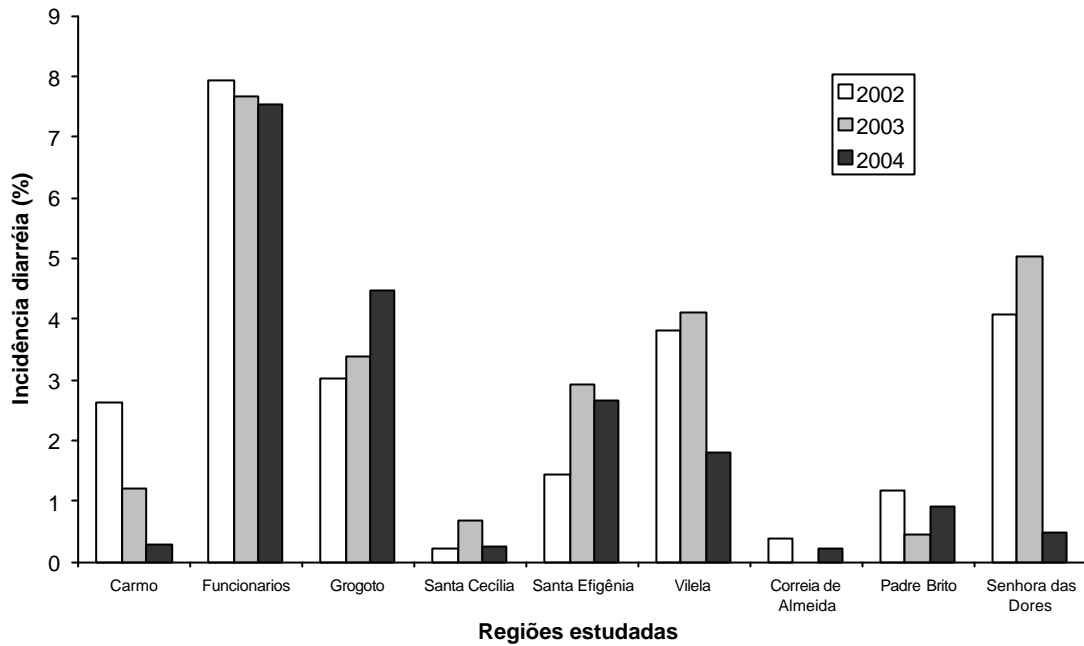


Gráfico 24 – Prevalência anual de diarreia em crianças menores de dois anos cadastradas no PSF, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

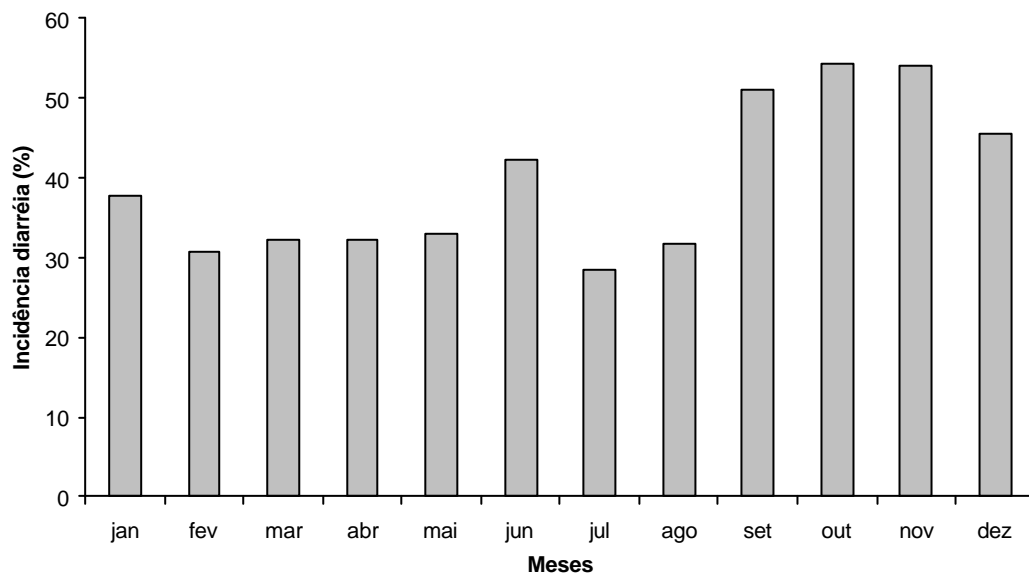


Gráfico 25 – Prevalência mensal média de diarreia em crianças menores de dois anos, regiões sanitárias do distrito sede, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

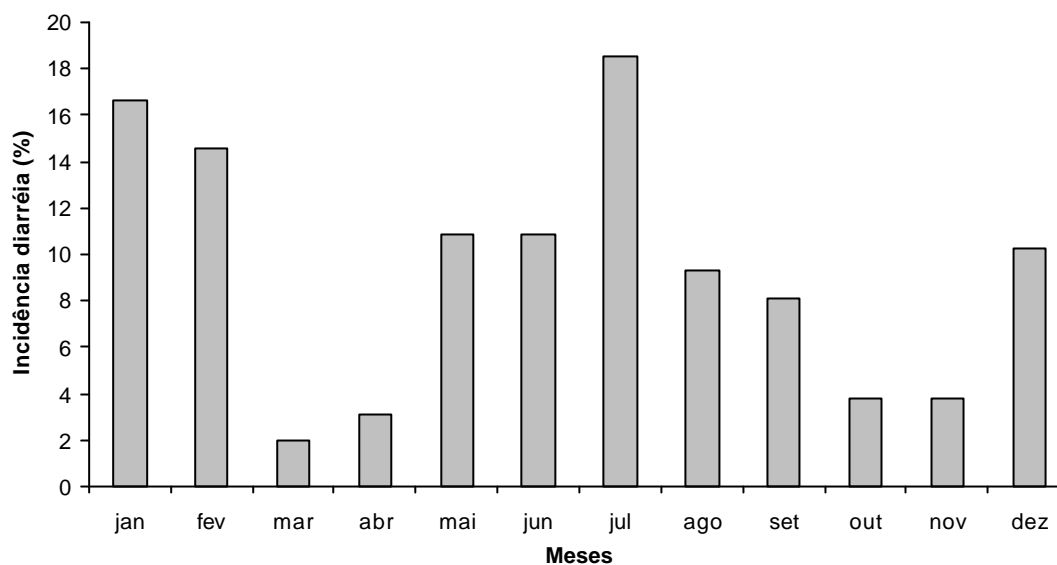


Gráfico 26 – Prevalência mensal média de diarreia em crianças menores de dois anos, de três distrito, município de Barbacena, março de 2002 a março de 2004.

### 5.6. Correlação entre prevalência de diarreia em crianças menores de dois anos e qualidade da água

No intuito de identificar a existência de risco de ocorrência de diarreia em menores de dois anos associado aos sistemas de abastecimento, foram realizadas diferentes análises de correlação utilizando variáveis relativas ao cumprimento do plano mínimo de amostragem e à qualidade da água distribuída. As primeiras correlações testadas foram entre a prevalência de diarreia e o atendimento ao plano mínimo de amostragem estabelecido pela legislação, para cada um dos sistemas de abastecimento. Os resultados apresentados apontam para a não existência de associação entre as variáveis trabalhadas (Tabela 60), exceto para o sistema ETA II (RS Vilela) quando testada as correlações entre diarreia e atendimento ao plano mínimo para coliformes totais e cloro residual livre ( $p = 0,0017$ , para ambas).

Considerando que estas correlações apresentaram sentido negativo, sugere-se que o não cumprimento do plano mínimo de amostragem pode significar a distribuição de água fora do padrão, implicando na ocorrência de casos de diarreia. Entretanto, estes resultados devem ser interpretados com cautela uma vez que foi trabalhado pequeno número de pares de observação e a ETA II apresentou, comparativamente aos outros sistemas, elevados percentuais de cumprimento aos planos mínimos de amostragem.

Tabela 60 – Correlação entre prevalência de diarreia e atendimento ao plano mínimo de amostragem, para os parâmetros coliformes totais, turbidez e cloro residual livre, município de Barbacena, zona urbana, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis                                   | Parâmetros |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
|---|------------|-------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
|   | Pares      | Coef. $r_s^{(1)}$ | Coef. $r^{(2)}$ | Coef. TAU <sup>(3)</sup> | Valor p <sup>(4)</sup> | R <sup>2(5)</sup> | Valor t <sup>(6)</sup> |
| <b>RS – Santa Efigênia</b>                  |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais <sup>(7)</sup> | 25         | -                 | 0,2639          | -                        | 0,2023                 | 0,0697            | 1,3123                 |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 24         | 0,3114            | -               | -                        | 0,1385                 | -                 | 1,5369                 |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 25         | -                 | 0,2639          | -                        | 0,2023                 | 0,0697            | 1,3213                 |
| <b>RS – Carmo</b>                           |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais <sup>(7)</sup> | 18         | -                 | -0,2647         | -                        | 0,2885                 | 0,0700            | -1,978                 |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 18         | -                 | -0,2607         | -                        | 0,2961                 | 0,0680            | -1,0801                |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 18         | -                 | -0,2647         | -                        | 0,2885                 | 0,0700            | -1,978                 |
| <b>RS – Funcionários</b>                    |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais <sup>(7)</sup> | 25         | -                 | 0,0916          | -                        | 0,6631                 | 0,0084            | 0,4414                 |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 25         | -                 | 0,0849          | -                        | 0,6865                 | 0,0072            | 0,4087                 |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 25         | -                 | 0,0916          | -                        | 0,6631                 | 0,0084            | 0,4414                 |
| <b>RS – Santa Cecília</b>                   |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais <sup>(7)</sup> | 12         | -                 | 0,1821          | -                        | 0,5711                 | 0,0332            | 0,5857                 |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 12         | -                 | -0,0130         | -                        | 0,9679                 | 0,0002            | -0,0413                |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 12         | -                 | 0,1821          | -                        | 0,5711                 | 0,0332            | 0,5857                 |
| <b>RS – Grogotó- ETA I</b>                  |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais                | 25         | -                 | 0,2869          | -                        | 0,1643                 | 0,0823            | 1,4362                 |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 24         | 0,3114            | -               | -                        | 0,1385                 | -                 | 1,5369                 |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 25         | -                 | 0,2869          | -                        | 0,1643                 | 0,0823            | 1,4362                 |
| <b>RS – Grogotó- ETA II</b>                 |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais                | 18         | -                 | 0,2694          | -                        | 0,2797                 | 0,0726            | 1,1188                 |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 18         | -                 | 0,1946          | -                        | 0,4391                 | 0,0379            | 0,7934                 |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 18         | -                 | 0,2694          | -                        | 0,2797                 | 0,0726            | 1,1188                 |
| <b>RS – Vilela ETA I</b>                    |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais                | 25         | -                 | -0,2749         | -                        | 0,1835                 | 0,0756            | -1,3712                |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 24         | 0,0401            | -               | -                        | 0,8523                 | -                 | 0,1884                 |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 25         | -                 | -0,2749         | -                        | 0,1835                 | 0,0756            | -1,3712                |
| <b>RS – Vilela ETA II</b>                   |            |                   |                 |                          |                        |                   |                        |
| Diarreia x coliformes totais                | 18         | -                 | -0,6839         | -                        | 0,0017                 | 0,4677            | -3,7495                |
| Diarreia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 18         | -                 | -0,2694         | -                        | 0,2796                 | 0,0726            | -1,1189                |
| Diarreia x CRL <sup>(9)</sup>               | 18         | -                 | -0,6839         | -                        | 0,0017                 | 0,4677            | -3,7495                |

Notas: (1) coeficiente de correlação de Spearman; (2) coeficiente de correlação de Pearson; (3) coeficiente de correlação de Kendall; (4) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (5) coeficiente de determinação; (6) valor do teste; (7) refere-se ao percentual de amostras que atenderam ao plano mínimo de amostragem para o parâmetro coliforme total definido na Portaria MS nº 518/2004; (8) refere-se ao percentual de amostras que atenderam ao plano mínimo de amostragem para o parâmetro turbidez definido na Portaria MS nº 518/2004; e (9) refere-se ao percentual de amostras que atenderam ao plano mínimo de amostragem para o parâmetro cloro residual livre definido na Portaria MS nº 518/2004.

Tabela 61 – Correlação entre prevalência de diarreia e atendimento ao plano mínimo de amostragem, para os parâmetros coliformes totais, turbidez e cloro residual livre, município de Barbacena, zona rural, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis                                   | Parâmetros |                   |                 |                          |                 |            |                 |
|---|------------|-------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------------|-----------------|
|   | Pares      | Coef. $r_s^{(1)}$ | Coef. $r^{(2)}$ | Coef. TAU <sup>(3)</sup> | Valor $p^{(4)}$ | $R^{2(5)}$ | Valor $t^{(6)}$ |
| <b>Distrito – Padre Brito</b>               |            |                   |                 |                          |                 |            |                 |
| Diarréia x coliformes totais <sup>(7)</sup> | 8          | -                 | -               | -0,6155                  | 1,0389          | -          | -               |
| Diarréia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 8          | -                 | -               | -0,6155                  | 1,0389          | -          | -               |
| Diarréia x CRL <sup>(9)</sup>               | 8          | -                 | -               | -0,6155                  | 1,0389          | -          | -               |
| <b>Distrito – Senhora das Dores</b>         |            |                   |                 |                          |                 |            |                 |
| Diarréia x coliformes totais <sup>(7)</sup> | 17         | 0,3354            | -               | -                        | 0,1881          | -          | 1,3789          |
| Diarréia x turbidez <sup>(8)</sup>          | 17         | 0,3354            | -               | -                        | 0,1881          | -          | 1,3789          |
| Diarréia x CRL <sup>(9)</sup>               | 17         | 0,3354            | -               | -                        | 0,1881          | -          | 1,3789          |

Notas: (1) coeficiente de correlação de Spearman; (2) coeficiente de correlação de Pearson; (3) coeficiente de correlação de Kendall; (4) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (5) coeficiente de determinação; (6) valor do teste; (7) refere-se ao percentual de amostras que atenderam ao plano mínimo de amostragem para o parâmetro coliforme total definido na Portaria MS nº 518/2004; (8) refere-se ao percentual de amostras que atenderam ao plano mínimo de amostragem para o parâmetro turbidez definido na Portaria MS nº 518/2004; e (9) refere-se ao percentual de amostras que atenderam ao plano mínimo de amostragem para o parâmetro cloro residual livre definido na Portaria MS nº 518/2004.

Para o distrito Correia de Almeida, abastecido pela ETA III, não foram realizados testes de correlação, devido ao número extremamente reduzido de dados referentes à ocorrência de diarreia em menores de dois anos.

Os resultados dos testes de correlação entre a prevalência de diarreia em crianças menores de dois anos residentes nas regiões sanitárias Santa Efigênia (abastecida pela ETA I) e Carmo, Funcionários e Santa Cecília (abastecidas pela ETA II), Grogotó e Vilela (abastecidas pela ETA I e ETA II) e variáveis relacionadas à qualidade da água na rede de distribuição (3º Quartil para turbidez e CRL e amostras positivas para coliformes totais e *E. coli*) estão apresentados na Tabela 56.

As análises de correlação apresentaram resultado estatisticamente significativo apenas em três situações: na região sanitária Santa Efigênia, entre as variáveis diarreia e 3º Quartil para turbidez ( $p = 0,0172$ ) e diarreia e amostras positivas para coliformes totais ( $p = 0,026$ ); na região sanitária Carmo, entre as variáveis diarreia e amostras positivas para *E. coli* ( $p = 0,041$ ). Apesar de, a princípio, as correlações negativas verificadas na Região Santa Efigênia não terem sentido epidemiológico, devemos considerar que: (i) a turbidez da rede de distribuição do sistema ETA I não guarda relação com a turbidez na saída do tratamento e tem seu significado sanitário questionável (ver item 5.3.2.1); (ii) coliformes totais não são os indicadores mais

precisos de contaminação. O resultado verificado para a região Carmo (correlação positiva entre *E. coli* e diarreia) é relevante uma vez que este é o indicador mais preciso de contaminação fecal da água de consumo e a referida região é a única abastecida exclusivamente pelo sistema ETA II, sendo que este apresentou a maior frequência de detecção de *E. coli* na rede de distribuição.

Os resultados pouco consistentes das análises de correlação podem estar relacionados ao pequeno número de observações existentes para algumas variáveis. Verificamos que em vários sistemas o atendimento ao plano mínimo de amostragem foi precário, bem como, o acompanhamento da população de crianças menores de dois anos em algumas regiões sanitárias. Nesse sentido, as informações disponíveis não garantem a qualidade da água e a ausência frequente de registros de casos de diarreia não necessariamente significa a ausência deste evento.

Outro fator importante a ser considerado é a faixa etária estudada, crianças menores de dois anos. Se fosse possível trabalhar com uma faixa etária mais ampla, que englobasse crianças menores de cinco anos, talvez houvesse melhor representação da morbidade infantil por doenças diarreicas. Entretanto, incorporar faixas etárias maiores poderia, por outro lado, ampliar a possibilidade de ocorrência de diarreia devido a patógenos mais relacionados a outros mecanismos de transmissão que não a veiculação hídrica, a exemplo dos ancilostomídeos.

Ainda outras questões poderiam ser incorporadas na interpretação dos resultados, a exemplo da reconhecida característica multicausal da determinação da diarreia. Variáveis socioeconômicas (renda, escolaridade dos pais), reprodutivas maternas (idade da mãe, número de filhos tidos, acompanhamento médico durante o período pré-natal) e relacionadas à criança (peso ao nascer, amamentação, idade) são apontadas como fatores de risco para a ocorrência da diarreia (WALDMAN *et al.*, 1997, VÁSQUEZ *et al.*, 1999, BENICIO e MONTEIRO, 2000; VANDERLEI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2004). Adicionalmente, a investigação dos bio-agentes patogênicos envolvidos na etiologia da diarreia é importante para um melhor reconhecimento do significado do mecanismo de transmissão via água de consumo.

Como as regiões com maior prevalência de doença diarreica entre crianças menores de dois anos não foram, necessariamente, as regiões com piores condições de saneamento, a exemplo da região sanitária Funcionários, pode ser que fatores individuais, relacionados a características dos pais e das crianças melhor expliquem a ocorrência da diarreia entre as crianças menores de dois anos nas regiões estudadas.

Tabela 62 – Correlação entre prevalência de diarreia em crianças menores de dois anos e variáveis relacionadas à qualidade da água distribuída pelos sistemas de abastecimento ETA I e ETA II, município de Barbacena, zona urbana, março de 2002 a março de 2004

| Variáveis                      | Parâmetros |                   |                 |                 |            |                 |
|--------------------------------|------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|
|                                | Pares      | Coef. $r_s^{(1)}$ | Coef. $r^{(2)}$ | Valor $p^{(3)}$ | $R^{2(4)}$ | Valor $t^{(5)}$ |
| <b>RS - Santa Efigênia</b>     |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 24         | -                 | -0,4812         | 0,0172          | 0,2316     | -2,5749         |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 25         | -                 | 0,1618          | 0,4398          | 0,0262     | 0,7861          |
| Diarreia x amostras + CT       | 25         | -0,4443           | -               | 0,0260          | -          | -2,3785         |
| Diarreia x amostras + EC       | 25         | -0,1698           | -               | 0,4170          | -          | 0,8265          |
| <b>RS – Carmo</b>              |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 17         | -                 | -0,0887         | 0,7349          | 0,0079     | -0,3450         |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 18         | -                 | -0,2883         | 0,2459          | 0,0831     | -1,2044         |
| Diarreia x amostras + CT       | 18         | 0,3215            | -               | 0,1932          | -          | 1,3582          |
| Diarreia x amostras + EC       | 18         | 0,4855            | -               | 0,0410          | -          | 2,2216          |
| <b>RS - Funcionários</b>       |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 24         | 0,2318            | -               | 0,2756          | -          | 1,1179          |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 25         | -                 | 0,2627          | 0,2045          | 0,0690     | 1,3056          |
| Diarreia x amostras + CT       | 25         | -0,1258           | -               | 0,5491          | -          | -0,6080         |
| Diarreia x amostras + EC       | 25         | -0,2383           | -               | 0,2513          | -          | -1,1767         |
| <b>RS - Santa Cecília</b>      |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 12         | 0,1296            | -               | 0,6881          | -          | 0,4133          |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 12         | -                 | 0,0496          | 0,8784          | 0,0025     | 0,1570          |
| Diarreia x amostras + CT       | 12         | 0,4046            | -               | 0,1919          | -          | -1,3991         |
| Diarreia x amostras + EC       | 12         | -0,0592           | -               | 0,8549          | -          | -0,1876         |
| <b>RS – Grogotó – ETA I</b>    |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 24         | -0,2022           | -               | 0,3433          | -          | -0,9685         |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 25         | -                 | 0,3336          | 0,1031          | 0,1113     | 1,6972          |
| Diarreia x amostras + CT       | 25         | -                 | 0,1026          | 0,6256          | 0,0105     | 0,4945          |
| Diarreia x amostras + EC       | 25         | 0,3114            | -               | 0,1296          | -          | 1,5718          |
| <b>RS – Grogotó – ETA II</b>   |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 17         | -                 | -0,1501         | 0,5654          | 0,0225     | -0,5878         |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 18         | -                 | 0,3621          | 0,1397          | 0,1311     | 1,5537          |
| Diarreia x amostras + CT       | 18         | -                 | -0,0608         | 0,8105          | 0,0037     | -0,2438         |
| Diarreia x amostras + EC       | 18         | -0,1102           | -               | 0,6632          | -          | -0,4437         |
| <b>RS – Vilela – ETA I</b>     |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 24         | -                 | -0,0747         | 0,7286          | 0,0056     | -0,3514         |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 25         | -                 | -0,2271         | 0,2749          | 0,0516     | -1,1184         |
| Diarreia x amostras + CT       | 25         | -                 | -0,3762         | 0,0637          | 0,1415     | -1,9471         |
| Diarreia x amostras + EC       | 25         | -0,1132           | -               | -0,5899         | -          | -0,5466         |
| <b>RS – Vilela – ETA II</b>    |            |                   |                 |                 |            |                 |
| Diarreia x 3º quartil turbidez | 17         | -0,2365           | -               | 0,3607          | 0,0559     | -0,9427         |
| Diarreia x 3º quartil CRL      | 18         | -0,0550           | -               | 0,8285          | 0,0030     | -0,2202         |
| Diarreia x amostras + CT       | 18         | -0,3814           | -               | 0,1183          | 0,1455     | -1,6504         |
| Diarreia x amostras + EC       | 18         | -0,3216           | -               | 0,1930          | -          | -1,3587         |

Notas : (1) coeficiente de correlação de Spearman; (2) coeficiente de correlação de Pearson; (3) correlação significativa quando  $p < 0,05$ ; (4) coeficiente de determinação  $\alpha$  e (5) valor do teste.



De qualquer forma, não podemos deixar de considerar que os sistemas de abastecimento investigados apresentaram nítidos problemas de controle da qualidade da água, à luz do exigido na Portaria MS nº 518/2004, caracterizando situações de perigo bem definidas, podendo significar risco à saúde da população.

## **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O presente trabalho, como um estudo de caso realizado no município de Barbacena-MG, demonstra o enorme potencial e significado epidemiológico de se trabalhar os dados fornecidos pelos responsáveis pelo controle de qualidade da água para consumo humano e aqueles produzidos pela Vigilância Epidemiológica, a exemplo das informações sobre morbi-mortalidade da população. Além disso, o trabalho demonstrou que a realização de estudos que têm como objetivo a análise integrada desses dados são facilitados pela existência de sistemas de informações específicos que agregam diferentes tipos de informações. Nos serviços de Vigilância Epidemiológica, citamos o Sistema de Informações de Atenção Básica (SIAB), que agrega as informações coletadas pelo Programa Saúde da Família (PSF) e pelo Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS), o qual foi fonte de dados na presente pesquisa. Outros programas, já estruturados em diversos municípios, armazenam informações interessantes e necessárias de serem analisadas, como: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e, mais recentemente, o Monitoramento de Doenças Diarréicas Agudas (MDDA).

Com relação à água de consumo humano, é interessante destacar que com a implantação do Sistema de Informações sobre Qualidade da Água para consumo humano (SISAGUA), já bem estruturado em alguns municípios, o intercâmbio das informações entre os serviços de controle e vigilância da qualidade da água poderá ser feita de maneira mais organizada e prática, facilitando a integração das informações da Vigilância em Saúde Ambiental com as da Vigilância Epidemiológica. É importante

frisar que o SISAGUA tem como alvo a sistematização das informações de forma agregada e que, no âmbito municipal, há possibilidade, como demonstrado neste trabalho, de se analisarem mais detalhadamente as informações.

Considerando a situação de saneamento do município de Barbacena, constatamos que, de maneira geral, as famílias cadastradas no PSF, residentes no distrito sede do município, apresentam boa cobertura dos serviços como, abastecimento público de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Dentre as regiões sanitárias analisadas, Carmo e Vilela foram as que apresentaram os menores percentuais de cobertura, no entanto, alcançando sempre valores superiores a 90%.

Nos três distritos estudados, a cobertura por serviços de saneamento foi inferior ao observado para o distrito sede, sendo o distrito de Senhora das Dores, o que apresentou os menores percentuais para os três aspectos: abastecimento público de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, sendo estes nunca superiores a 40%.

Para todas as localidades, regiões sanitárias e distritos, o aspecto referente a tratamento da água no domicílio, sempre alcançou percentuais elevados de famílias cadastradas, superiores a 80%.

Com relação à qualidade da água, todos os sistemas de abastecimento analisados apresentaram problemas no atendimento ao plano mínimo de amostragem e no atendimento ao padrão de potabilidade preconizado pela legislação (Portaria MS nº 518/2004), o que foi demonstrado pela categorização do grau de perigo que cada um dos sistemas representa para população. Esses resultados apontam para a necessidade de um monitoramento mais adequado da qualidade da água, garantido pelo cumprimento do plano mínimo de amostragem; adicionalmente, os resultados referentes aos parâmetros analisados (índice bacteriológico, índice de turbidez e índice de cloro residual livre), indicam inevitáveis intervenções no controle operacional do tratamento da água, para uma melhor adequação ao padrão de potabilidade exigido pela legislação, citando-se ausência de *E. coli*, teor mínimo de 0,2 mg/L de CRL e máximo de 5 uT de turbidez na água distribuída.

A prevalência média de diarreia entre crianças menores de dois anos, no período de estudo, atingiu o maior percentual na região sanitária Funcionários (7,79%) e no distrito Senhora das Dores (4,12%). Não houve diferença estatisticamente significativa ( $\chi^2 = 3,19$ ;  $p = 0,074$ ) entre a prevalência de diarreia nas regiões sanitárias do distrito sede e a prevalência nos outros três distritos estudados. Também não detectamos comportamento sazonal na ocorrência de diarreia em nenhuma das regiões estudadas, o

que provavelmente se deveu ao curto período de estudo (março de 2002 a março de 2004), comprometendo a análise temporal dos dados.

O fato de que, os testes estatísticos aplicados não tenham revelado associações nítidas entre as variáveis estudadas (ocorrência de diarreia em crianças menores de dois anos e a qualidade da água), não compromete o esforço empreendido, haja vista o objetivo central deste trabalho. Além disso, a sistematização de um banco de dados até então disperso, permitiu a construção de um bom histórico sobre o controle da qualidade da água para consumo humano, sendo que os resultados encontrados não eximem a água distribuída da possibilidade de transmissão de agravos, considerando os nítidos problemas detectados, caracterizando situações de perigo. Dessa forma, procuramos nos ater ao explicitado na Portaria MS nº 518/2004, consubstanciado pela construção do Programa Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano -VIGIAGUA, onde uma série de novas atribuições e desafios são colocados ao setor saúde, os quais encontram uma boa síntese no Inciso VI do Art. 7º da referida Portaria:

*“são deveres e obrigações das Secretarias Municipais de Saúde (...) efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre as características físicas dos sistemas, as práticas operacionais e de controle da qualidade da água, o histórico da qualidade da água produzida e distribuída, a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema”.*

Neste sentido, talvez resida uma das principais contribuições deste trabalho: a sugestão de uma abordagem de identificação e categorização de perigos associados aos sistemas de abastecimento de água<sup>4</sup>, incorporando importantes elementos da metodologia de Avaliação de Risco e trazendo subsídios importantes para a atuação da Vigilância junto aos responsáveis pelo abastecimento de água.

Recomenda-se a continuidade de estudos neste sentido, inclusive no aperfeiçoamento e validação da referida proposta, de forma a facilitar e desenvolver, em pleno potencial, as ações de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no âmbito do município.

---

<sup>4</sup> Adaptada da proposta sugerida no Manual de Procedimentos de Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano, em fase de edição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. *BioEstat 2.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. Belém/Brasília: Sociedade Civil Mamirauá/CNPq, 2000. 272p.

ALLEN, M. J.; CLANCY, J. L.; RICE, E. W. The plain, hard truth about pathogen monitoring. *Journal of American Water Works Association*, v. 92, n. 9, p. 64-76, 2000.

BALTAZAR, J. C.; NADERA, D. P.; VICTORA, C. G. Evaluation of the National Control of Diarrhoeal Disease programme in the Philippines, 1980-93. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 80, n. 8, p. 637-643.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; NASCIMENTO, L. E.; CARVALHO, G. R. M.; SILVA, C. V. Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000 (CD-ROM).

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; HELLER L.; VIEIRA, M. B. M.; BRITO, L. A. Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da qualidade parasitológica da água: entre o desejável e o possível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001 (CD ROM).

BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; FORMAGGIA, D. M. E.; AMORIM, L. C.; SANCHEZ, P. S.; BEVILACQUA, P. D.; COSTA, S. S.; CÂNCIO J. A. Revisão da Portaria nº 36 GM/90. Premissas e princípios norteadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001. (CD-ROM).

BASTOS, R. K. X.; HELLER L.; COSTA, S. S.; FORMAGGIA, D. M. E.; AMORIM, L. C.; SANCHEZ P S.; BEVILACQUA, P. D.; CÂNCIO, J. A. Portaria 1469/2000: desafios para o setor saneamento. In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 6, 2002, Rio de Janeiro. *Anais...* Brasília: Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento, 2002. (CD-ROM).

BASTOS, R. K. X.; NASCIMENTO, L.E.; BETÔNICO, G. C. Otimização do controle de qualidade da água tratada e distribuída para consumo humano: implementando a Portaria 1469/2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. (CD-ROM).

BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; OLIVEIRA, A. A.; MARTINS, M. B. C.; BRITO, L. L. A. Densidades de *Giardia* e *Cryptosporidium* em mananciais de abastecimento de água e prevalência de giardíase: usos e aplicações do modelo teórico de avaliação de risco. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28, 2002, Cancún, México. *Anais...* Cidade do México: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002. (CD-ROM).

BENICIO, M. H.; MONTEIRO, C. A Tendência secular da doença diarreica na infância na cidade de São Paulo (1984- 1996). *Revista de Saúde Pública* v. 34, n. 6, p. 26- 40, 2000.

BITTENCOURT, S. A.; LEAL, M. C.; SANTOS, M. O. Hospitalizações por diarreia infecciosa no Estado do Rio de Janeiro. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 18, n. 3, p. 747-754, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise de Situação de Saúde. *Saúde Brasil 2004 – Uma análise da situação de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. 364 p.

CAIRNCROSS, S. Modelos conceituais para a relação entre a saúde e o saneamento básico. In: HELLER, L. et al. (Org.) *Saneamento e saúde nos países em desenvolvimento*. Rio de Janeiro: CC&P Editores Ltda, 1997. p.169-183.

CESAR, J. A.; CAVALETI, M. A.; HOLTHAUSEN, R. S.; LIMA, L. G. S. Mudanças em indicadores de saúde infantil em um município com agentes comunitários: o caso de Itapirapuã Paulista, Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 18, n. 6, p. 1647-1654, 2002.

CONILL, E. M. Políticas de atenção primária e reformas sanitárias: discutindo a avaliação a partir da análise do Programa saúde da Família em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 1994-2000. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 18, p. 191- 202, 2002. (Suplemento).

ESREY, S.A. ; POTASH, J. B.; SCHIFF, C. Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 69, n. 5, p. 609-613, 1991.

FUCHS, S. C.; VICTORA, C. G.; FACHEL, J. Modelo hierarquizado: uma proposta de modelagem aplicada à investigação de fatores de risco para diarreia grave. *Revista de Saúde Pública*, v. 30, n. 2, p.168-178,1996.

GRABOW, W. O. K. Water and public health. In: KNOWLEDGE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT *An Insight into the ENCYCLOPEDIA OF LIFE SUPPORT SYSTEMS*. volume I, p.535-571, UNESCO Publishing-EolssPublishers, Oxford, UK, 2002.

HAAS, C. N; ROSE, J.; GERBA, C. P. *Quantitative microbial risk assessment*. New York: John Wiley & Sons, 1999. 449 p.

HELLER, L. *Saneamento e saúde*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, Escritório Regional da Organização Mundial da Saúde– Representação do Brasil, 1997. 97 p.

HSU, B. M.; YEH, H. H. Removal of *Giardia* and *Cryptosporidium* in drinking water treatment: a pilot scale study. *Water Research*, v. 37, p. 1111-1117, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2000*. Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2001. 1 CD-ROM.

KALE, P. L.; FERNANDES, C.; NOBRE, F. F. Padrão temporal das internações e óbitos por diarreia em crianças, 1995 a 1998, Rio de Janeiro. *Revista de Saúde Pública*, v. 38, n. 1, p. 30-37, 2004.

LUDWIG, K. M.; FREI, F.; ALVARES FILHO, F. *et al.* Correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de Assis, Estado de São Paulo, *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 32, n. 5, p. 547-555, 1999.

MARTINS, G.; BORANGA, J. A.; LATORRE, M. R. D. O.; PEREIRA, H. A. S. L. Impacto do Saneamento Básico na saúde da população de Itapetininga-SP, de 1980 a 1997. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 7, n. 3, p. 161-1688, 2002.

MENEZES, A. M. B.; VICTORA, C. G.; BARROS, F. C.; ALBERNAZ, E.; MENEZES, F. S.; JANNKE, H. A.; ALVES, C.; ROCHA, C. Mortalidade infantil em duas coortes de base populacional no Sul do Brasil: tendências e diferenciais. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 12, p. 79-86, 1996. (supl. 1).

MERHY, E. E. *O capitalismo e a saúde pública*. 2. ed. Campinas: Editora Papyrus, 1987. 134 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Assistência à Saúde. Coordenação da Saúde da Comunidade. *Manual do sistema de informação de atenção básica*. Brasília: Ministério da Saúde, 1998. 105 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. Brasília: Ministério da Saúde, 1999. 374 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Perfil da saúde ambiental infantil no Brasil*. Brasília: Ministério da Saúde, 2003. 33 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. *Programa nacional de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2003. 43 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 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. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1. p. 266. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br/saude/>>. Acesso em: 10 Abr. 2004.

NIEMINSKI, E. C.; ONGERTH, J. E. Removing *Giardia* and *Cryptosporidium* by conventional treatment and direct filtration. *Journal of American Water Works Association*, v. 87, n. 9, p. 90-106, 1995.

SILVA, A. A. M.; GOMES, U. A.; SILVA, R. A. Fatores de risco para hospitalização de um a quatro anos em São Luís, Maranhão, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 15, n. 4, p. 749-757, 1999.

SILVA, G. A. P.; LIRA, P. I. C.; LIMA, M. C. Fatores de risco para doença diarreica no lactente: um estudo de caso – controle. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. 2, p. 589-595, 2004.

SNOW, J. *Sobre a maneira de transmissão do cólera*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABRASCO, 1999. 250 p.

SOUZA, E. C.; MARTINEZ, M. B.; TADDEI, C. R. *et al.* Perfil etiológico das diarreias agudas de crianças atendidas em São Paulo. *Jornal de Pediatria*, v. 78, n. 1, 2002.

TRAD, L. A. B.; BASTOS, A. C. S.; SANTANA, E. M.; NUNES, M. O. Estudo etnográfico da satisfação do usuário do Programa Saúde da Família (PSF) na Bahia. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 7, n. 3, p. 581-589, 2002.

VANDERLEI, L. C. M.; SILVA, G. A. P.; BRAGA, J. U. Fatores de risco para internamento por diarreia aguda em menores de dois anos: estudo de caso – controle. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 19, n. 2, p. 455-463, 2003.



VAZQUEZ, M. L.; MOSQUERA, M.; CUEVAS, L. E.; GONZÁLEZ, E. S.; VERAS, I. C. L.; LUZ, E. O.; FILHO, M. B.; GURGEL, R. Q. Incidência e fatores de risco de diarreia e infecções respiratórias agudas em comunidades urbanas de Pernambuco, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 15, n. 1, p. 163-172, 1999.

WALDMAN, E. A.; BARATA, R. C. B.; MORAES, J. C.; GUIBU, I. A.; TIMENETSKY, M. C. S. T. Gastroenterites e infecções respiratórias agudas em crianças menores de 5 anos, em área da região Sudeste do Brasil, 1986-1987. II – Diarréias. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, n. 1, p. 62- 70, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking water quality*. 2. ed. Geneva: WHO, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for drinking water quality*. 3. ed. Geneva: WHO, 2004.

## **APÊNDICES**





