



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

## **SANEAMENTO URBANO E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE PEQUENAS OBRAS HÍDRICAS NA ÁREA DE XINGÓ**



**RECIFE – PE  
2007**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
Área de concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

## **TESE DE DOUTORADO**

**GIOVANNI DE MELO PERAZZO**

**SANEAMENTO URBANO E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE  
PEQUENAS OBRAS HÍDRICAS NA ÁREA DE XINGÓ**

**Recife  
2007**

**GIOVANNI DE MELO PERAZZO**

**SANEAMENTO URBANO E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE  
PEQUENAS OBRAS HÍDRICAS NA ÁREA DE XINGÓ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

Orientador: Mario Takayuki Kato  
Prof. adjunto, *Ph.D* em  
Tecnologia Ambiental pela  
Universidade Agrícola de  
Wageningen, Holanda.

Co-orientador: Sávia Gavazza dos Santos  
Profa. adjunta, *doutora pela  
Universidade de São Carlos-  
SP.*

**Recife  
2007**

**P427s**

**Perazzo, Giovanni de Melo**

Saneamento urbano e qualidade das águas de pequenas obras hídricas na área de Xingó / Giovanni de Melo Perazzo. – Recife: O Autor, 2007.

xii, 264 f.; il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Depto. de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2007.

Inclui referências bibliográficas e anexos.

**1. Engenharia Civil. 2. Saneamento Ambiental. 3. Água - Qualidade. 4. Água – Abastecimento - Xingó. I. Título.**

**624 CDD (22.ed.)**

**UFPE/BCTG/2007-065**

# SANEAMENTO URBANO E QUALIDADE DAS ÁGUAS DE PEQUENAS OBRAS HÍDRICAS NA ÁREA DE XINGÓ

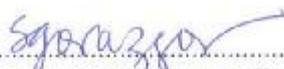
por

Giovanni de Melo Perazzo

Tese defendida e aprovada em 9 de fevereiro de 2007 pela banca  
examinadora constituída pelos professores doutores abaixo assinados:



Mario Takayuki Kato (Ph.D.)  
Orientador



Sávia Gavazza dos Santos (D.Sc.)  
Co-orientadora



Leticia Maria de Oliveira (D.Sc.)  
Examinadora



Mônica Ferreira da Costa (Ph.D.)  
Examinadora



Miguel Mansur Aisse (Ph.D.)  
Examinador

Recife, 9 de fevereiro de 2007

*“A água é um recurso natural renovável, que apresenta sinais de escassez. Esta escassez se faz sentir quando a água é desperdiçada ou perdida, por não se reconhecer o seu verdadeiro valor”.*

(BANCO MUNDIAL, 1992).

Dedico este trabalho à minha família.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Geraldo Perazzo e Diana Abrantes de Melo Perazzo**,  
**minha eterna gratidão.**

**À toda minha família**, pelo que me tem proporcionado.

**Ao Professor Mario Takayuki Kato**, orientador e idealizador desta tese pelo apoio, orientação e pela confiança que depositou em mim.

**À professora e co-orientadora Sália Gavazza**, pelas sugestões, orientações e amizade.

À Professora Lourdinha Florencio **pela amizade e conhecimentos transmitidos.**

**Aos professores da UFPE**, que fazem a Pós-graduação em Engenharia Civil, em especial aos professores: Maria do Carmo Sobral, José Mariano de Sá Aragão, Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão, Suzana Montenegro, Jaime Cabral, Sylvio Campello, pela contribuição acadêmica e profissional imprescindíveis para a construção do meu doutorado.

**Aos colegas Vicente de Paula e Ronaldo Faustino**, pela amizade sincera, companheirismo, cooperação, lealdade e por terem compartilhado dúvidas, problemas, soluções e alegrias.

**Ao professor da UFRPE José Antonio Aleixo**, pela contribuição na parte estatística.

**Aos dedicados funcionários do Departamento de Engenharia Civil:** Ronaldo Fonseca, Técnico do Laboratório de Saneamento Ambiental, Laudence Bezerra e Andréa Negromonte, secretárias do curso de pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE, pelo profissionalismo e sincera amizade.

**A todos os amigos e colegas da Pós-graduação e do Grupo de Saneamento Ambiental**, em especial a Ana Maria Bastos, Ana Paula de Araújo, Ana Cláudia, André Felipe Santos, Diogo Santana, Flávio José Castro Filho, Jefferson Henrique Bonfim, Kenia Barros, Maria Clara Mendonça, Marília Lyra, Maurício Pimenta, Marcos Vieira, Petronildo Bezerra, Silvana Araújo, Simone Machado, Sergio Carneiro, Suzana Pedroza, Tauil Selingardi, José

Armando Torres Moreno e Valmir Marques, pelo companheirismo e alegria durante toda nossa convivência.

À professora e diretora do Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingó, professora Isabel Marinho pelo indispensável apoio à pesquisa.

**A todos os amigos que convivi no Instituto Xingó e que, de alguma forma, ajudaram-me na solução de problemas,** Rivaldo Pereira (Pingo), Anselmo Alves, Rivaldo Couto, Jucelino Schaeffer, Renato Figueiredo, Jailza Siqueira, José Gomes, Auro Andrade, Marcelo Barbalho, Renata Paulino, Ricardo Bezerra, Ana Rute, Bernardino Ramalho, Alberto Guedes, José Castro, Erick Lopes, Paulo Belchior, Aidil Almeida e Wbaneide Andrade.

**A todos os amigos que estão ou que passaram pelo Laboratório de Saneamento Ambiental,** em especial a Juliana Cardoso, Juilma Anailda da Silva, Luíza Feitosa, Taciana dos Santos, Sylvia Costa, Aparecida Guilherme, Poliana Maria, André Diego, Cinthia Melquíades, Elizabeth Pastich, Ewson Andrade, Ednaldo Gomes, Aline Brasil, Aluizio Galdino, Ismália Melo, Luiz Galdino, Rodrigo Mendonça, Solange Melo, Yuri Vieira, entre outros, pela colaboração e amizade.

À FUNASA pelo apoio financeiro e, em especial ao consultor *ad hoc* Osman Lins e à Sra. Filomena Kotaka pela amizade e apoio à pesquisa.

**Ao** Ministério da Ciência e Tecnologia/CAPES pelo apoio financeiro à pesquisa.

À Universidade Federal de Pernambuco pela oportunidade ímpar de desenvolver este trabalho.

**Ao** Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingó pelo apoio logístico.

Às prefeituras dos municípios de Xingó, em particular à prefeitura de Poço Redondo pelas informações e apoio.

**Aos** moradores entrevistados em Poço Redondo, pelas entrevistas aos questionários semi-estruturados.

**Aos** proprietários das 20 cisternas monitoradas por consentirem a coleta de água para análise.

# SUMÁRIO

|   | Página     |
|---|------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                      | <b>i</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>                                      | <b>iv</b>  |
| <b>LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....</b>                            | <b>vii</b> |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>ix</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>xi</b>  |
| <br>  |            |
| <b>CAPÍTULO 1</b>   |            |
| <b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>                                     | <b>1</b>   |
| 1 OBJETIVOS DA PESQUISA.....                                      | 4          |
| 1.1 OBJETIVO GERAL DA PESQUISA.....                               | 4          |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                    | 4          |
| 1.3 HIPÓTESE.....   | 4          |
| 1.4 ORGANIZAÇÃO DA TESE.....                                      | 5          |
| <br>  |            |
| <b>CAPÍTULO 2</b>   |            |
| <b>O ESTADO DA ARTE.....</b>                                      | <b>7</b>   |
| 2.1 A SECA E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO..... | 7          |
| 2.2 SANEAMENTO AMBIENTAL.....                                     | 14         |
| 2.3 QUALIDADE DE ÁGUA.....  | 16         |
| 2.3.1 Generalidades.....  | 16         |
| 2.3.2 Parâmetros físico-químicos.....                             | 18         |
| 2.3.3 Parâmetros bacteriológicos.....                             | 23         |
| 2.3.4 Padrões de potabilidade de água para consumo humano...      | 24         |
| 2.4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....                                   | 26         |
| 2.4.1 Sistemas adutores de abastecimento de água.....             | 26         |
| 2.4.2 Obras hídricas de pequeno porte.....                        | 29         |
| 2.4 ALGUMAS ALTERNATIVAS DE MELHORIA DA QUALIDADE DE ÁGUA.....    | 45         |
| 2.4.1 Dessalinização.....   | 45         |
| 2.4.2 Filtração domiciliar.....                                   | 55         |
| 2.4.3 Desinfecção.....  | 56         |
| 2.4.4 Moringa.....  | 56         |
| 2.4.5 Aguapé ( <i>Eichornia crassipes</i> ).....                  | 58         |

|       | Página  |    |
|-------|---|----|
| 2.5   | USO RACIONAL OU EFICIENTE DA ÁGUA APLICADO ÀS CARACTERÍSTICAS DO REGIME HÍDRICO SEMI-ÁRIDO..... | 59 |
| 2.5.1 | Controle de perdas e desperdício.....   | 59 |
| 2.5.2 | Reúso de água.....  | 60 |
| 2.6   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 61 |

### **CAPÍTULO 3**

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
|       | <b>PERFIL DO SANEAMENTO AMBIENTAL NA ÁREA DE XINGÓ.....</b> | <b>77</b> |
|       | RESUMO.....   | 77        |
|       | ABSTRACT.....   | 77        |
| 3.1   | INTRODUÇÃO.....   | 78        |
| 3.2   | METODOLOGIA.....  | 78        |
| 3.3   | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                 | 79        |
| 3.3.1 | Características gerais da área da pesquisa.....             | 79        |
| 3.3.2 | Perfil do saneamento ambiental.....                         | 85        |
| 3.4   | CONCLUSÕES.....   | 100       |
| 3.5   | RECOMENDAÇÕES.....  | 101       |
| 3.6   | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                             | 102       |

### **CAPÍTULO 4**

|     |   |            |
|-----|---|------------|
|     | <b>LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS DOTADOS DE DESSALINIZADORES NA ÁREA DE XINGÓ.....</b> | <b>105</b> |
|     | RESUMO.....   | 105        |
|     | ABSTRACT.....   | 105        |
| 4.1 | INTRODUÇÃO.....   | 106        |
| 4.2 | METODOLOGIA.....  | 107        |
| 4.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 111        |
| 4.4 | CONCLUSÕES.....   | 138        |
| 4.5 | RECOMENDAÇÕES.....  | 140        |
| 4.6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 141        |

### **CAPÍTULO 5**

|     |   |            |
|-----|---|------------|
|     | <b>LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE CISTERNAS EM POÇO REDONDO-SE.....</b> | <b>143</b> |
|     | RESUMO.....   | 143        |
|     | ABSTRACT.....   | 143        |
| 5.1 | INTRODUÇÃO.....   | 144        |
| 5.2 | METODOLOGIA.....  | 147        |
| 5.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 152        |
| 5.4 | CONCLUSÕES.....   | 167        |

|                                     | Página |
|-------------------------------------|--------|
| 5.5 RECOMENDAÇÕES.....              | 169    |
| 5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 170    |

## **CAPÍTULO 6**

### **LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE BARREIROS EM**

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>POÇO REDONDO-SE.....</b>         | <b>173</b> |
| RESUMO.....                         | 173        |
| ABSTRACT.....                       | 173        |
| 6.1 INTRODUÇÃO.....                 | 173        |
| 6.2 METODOLOGIA.....                | 174        |
| 6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....    | 176        |
| 6.4 CONCLUSÕES.....                 | 180        |
| 6.5 RECOMENDAÇÕES.....              | 181        |
| 6.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 181        |

## **CAPÍTULO 7**

### **DETERMINAÇÃO DO PERFIL DAS CONDIÇÕES SANITÁRIAS DE**

|   |            |
|---|------------|
| <b>POÇO REDONDO-SE.....</b>   | <b>183</b> |
| RESUMO.....   | 183        |
| ABSTRACT.....   | 183        |
| 7.1 INTRODUÇÃO.....   | 184        |
| 7.2 METODOLOGIA.....  | 184        |
| 7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 188        |
| 7.3.1 Perfil dos moradores.....   | 188        |
| 7.3.2 Objeto (perfil sanitário).....  | 191        |
| 7.3.3 Aberto (opinião do entrevistado sobre os serviços de saneamento)..... | 200        |
| 7.4 CONCLUSÕES.....   | 203        |
| 7.5 RECOMENDAÇÕES.....  | 203        |
| 7.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 204        |

## **CAPÍTULO 8**

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>CONCLUSÕES GERAIS.....</b> | <b>205</b> |
|-------------------------------|------------|

|                    |            |
|--------------------|------------|
| <b>ANEXOS.....</b> | <b>209</b> |
|--------------------|------------|

|   |     |
|---|-----|
| <b>ANEXO A</b> FLUXOGRAMA, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS DO DESSALINIZADOR (MODELO AP 1000/4000 da Perenne) DE MINUIM (SANTA BRÍGIDA–BA)..... | 210 |
| <b>ANEXO B</b> CISTERNAS MONITORADAS EM POÇO REDONDO-SE.....  | 215 |
| <b>ANEXO C</b> RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DAS CISTERNAS MONITORADAS EM POÇO REDONDO-SE.....                          | 219 |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>ANEXO D</b> BOMBA BOLA DE GUDE.....   | 240    |
| <b>ANEXO E</b> CLORADOR DA EMBRAPA.....  | 242    |
| <b>ANEXO F</b> FILTRO DE AREIA.....  | 246    |
| <b>ANEXO G</b> BARREIROS MONITORADOS EM POÇO REDONDO-SE.....   | 248    |
| <b>ANEXO H</b> RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DOS BARREIROS<br>MONITORADOS EM POÇO REDONDO-SE..... | 250    |
| <b>ANEXO I</b> MODELO DE QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO APLICADO EM POÇO<br>REDONDO-SE.....             | 259    |

## LISTA DE FIGURAS

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Figura 1.1:</b> Área de atuação do Instituto Xingó e alvo da pesquisa, com o detalhe de Poço Redondo-SE (Fonte: GeoXingó).....     | 3      |
| <b>Figura 2.1:</b> Localização do Trópico Semi-Árido no Brasil (IBAMA, 2003, apud Freire, 2004).....                                  | 10     |
| <b>Figura 2.2:</b> Barreiro-trincheira (SOUZA, 1999).....   | 32     |
| <b>Figura 2.3:</b> Barragem subterrânea modelo CPATSA (ABREU, 2001).....  | 37     |
| <b>Figura 2.4:</b> Barragem subterrânea modelo CAATINGA (ABREU, 2001).....  | 38     |
| <b>Figura 2.5:</b> Barragem subterrânea modelo Costa e Melo (ABREU, 2001)..   | 39     |
| <b>Figura 2.6:</b> Perfil esquemático de uma cacimba (FREITAS, 1997).....   | 40     |
| <b>Figura 2.7:</b> Perfil esquemático de um poço tubular profundo (FREITAS, 1997).....  | 41     |
| <b>Figura 2.8:</b> Perfil esquemático de um poço de monitoramento e amostragem (FREITAS, 1997).....                                   | 41     |
| <b>Figura 2.9:</b> Processos de osmose (CRAVO, 1999).....   | 47     |
| <b>Figura 2.10:</b> Eletrolisador utilizado por Mota et al. (2005) e Matos et al. (2006).....   | 54     |
| <b>Figura 3.1:</b> Algumas deficiências comuns, envolvendo o abastecimento de água na área de Xingó.....                              | 88     |
| <b>Figura 3.2:</b> Domicílios particulares, na área de Xingó, por forma de abastecimento de água (Fonte: IBGE, 2001a).....            | 89     |
| <b>Figura 3.3:</b> Alguns locais de lançamento de esgoto bruto de cidades da área de Xingó no rio São Francisco e seus afluentes..... | 90     |
| <b>Figura 3.4:</b> Algumas lagoas de estabilização abandonadas ou com utilização inadequada na área de Xingó.....                     | 91     |
| <b>Figura 3.5:</b> Situações inadequadas, envolvendo o esgotamento sanitário na área de Xingó.....                                    | 91     |
| <b>Figura 3.6:</b> Situação domiciliar, quanto ao esgotamento sanitário, na área de Xingó (Fonte: IBGE, 2001a).....                   | 92     |
| <b>Figura 3.7:</b> Problemas relacionados à drenagem urbana na área de Xingó.....   | 93     |
| <b>Figura 3.8:</b> Situações inadequadas relacionadas aos resíduos sólidos e limpeza pública na área de Xingó.....                    | 95     |
| <b>Figura 3.9:</b> Situação domiciliar, quanto ao destino dos resíduos sólidos, na área de Xingó (Fonte: IBGE, 2001a).....            | 95     |
| <b>Figura 3.10:</b> Algumas formas que contribuem para a degradação do meio ambiente na área de Xingó.....                            | 99     |
| <b>Figura 4.1:</b> Situação encontrada, durante visitas a poços sem dessalinizador em Poço Redondo.....                               | 113    |
| <b>Figura 4.2:</b> Dessalinizadores monitorados.....  | 117    |
| <b>Figura 4.3:</b> Locais onde a população apanha água dessalinizada para consumo.....  | 121    |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Figura 4.4:</b> Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Areias.....   | 123    |
| <b>Figura 4.5:</b> Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Aroeira.....  | 125    |
| <b>Figura 4.6:</b> Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Minuim.....   | 127    |
| <b>Figura 4.7:</b> Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Icozeira.....   | 129    |
| <b>Figura 4.8:</b> Locais de despejo do rejeito produzido pelo processo de dessalinização em cada um dos 4 dessalinizadores monitorados.....   | 136    |
| <b>Figura 5.1:</b> Algumas situações impróprias, presenciadas nas cisternas monitoradas.....   | 154    |
| <b>Figura 5.2:</b> Peneira de coar chá, utilizada na tubulação de entrada da cisterna do Assentamento São José de Nazaré, para impedir o acesso de insetos e outros animais de pequenas dimensões, além de detritos..... | 155    |
| <b>Figura 5.3:</b> Caixa construída com impermeabilizante para a determinação de pH.....   | 163    |
| <b>Figura 5.4:</b> Caixa construída sem impermeabilizante para a determinação de pH.....   | 163    |
| <b>Figura 5.5:</b> pH da água de torneira e da água de chuva, armazenadas nas caixas confeccionadas com e sem impermeabilizante.....   | 163    |
| <b>Figura 7.1:</b> Nível de escolaridade dos chefes de família de Poço Redondo.....  | 188    |
| <b>Figura 7.2:</b> Profissão exercida pelos chefes de família de Poço Redondo.....   | 188    |
| <b>Figura 7.3:</b> Horas diárias trabalhadas pelos chefes de família em Poço Redondo.....  | 188    |
| <b>Figura 7.4:</b> Renda mensal dos chefes de família de Poço Redondo.....   | 189    |
| <b>Figura 7.5:</b> Número de pessoas por domicílio em Poço Redondo.....  | 189    |
| <b>Figura 7.6:</b> Culturas cultivadas em Poço Redondo.....  | 190    |
| <b>Figura 7.7:</b> Quantitativo de animais em Poço Redondo.....  | 190    |
| <b>Figura 7.8:</b> Tipo de alvenaria das casas de Poço Redondo.....  | 191    |
| <b>Figura 7.9:</b> Tipo de revestimento das casas de Poço Redondo.....   | 191    |
| <b>Figura 7.10:</b> Tipo de revestimento do piso das casas de Poço Redondo.....  | 191    |
| <b>Figura 7.11:</b> Presença de fissuras nas paredes e nos pisos das casas de Poço Redondo.....  | 192    |
| <b>Figura 7.12:</b> Presença de umidade nas paredes e nos pisos das casas de Poço Redondo.....   | 192    |
| <b>Figura 7.13:</b> Más condições verificadas nas paredes durante as entrevistas   | 193    |
| <b>Figura 7.14:</b> Forma de abastecimento de água no inverno em Poço Redondo.....   | 195    |
| <b>Figura 7.15:</b> Forma de abastecimento de água no verão em Poço Redondo  | 195    |
| <b>Figura 7.16:</b> Domicílios que possuem ou não banheiro.....  | 196    |
| <b>Figura 7.17:</b> Reservatório, localizado acima do banheiro, para descarga do vaso sanitário.....   | 196    |
| <b>Figura 7.18:</b> Águas cinzas despejadas no quintal de residência.....  | 196    |
| <b>Figura 7.19:</b> Destino do esgoto do vaso sanitário das residências em Poço Redondo.....   | 197    |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Figura 7.20:</b> Condições precárias das unidades de tratamento de Santa Rosa do Ermírio.....                 | 198    |
| <b>Figura 7.21:</b> Culturas cultivadas na época que havia um projeto de reúso em Santa Rosa do Ermírio.....     | 198    |
| <b>Figura 7.22:</b> Tipo de pavimentação da rua onde se situam as casas de Poço Redondo.....                     | 198    |
| <b>Figura 7.23:</b> Nível de acessibilidade a unidades de saúde, na opinião dos entrevistados.....               | 200    |
| <b>Figura 7.24:</b> Pior serviço público, na opinião dos entrevistados.....                                      | 200    |
| <b>Figura 7.25:</b> Melhor serviço público, na opinião dos entrevistados.....                                    | 201    |
| <b>Figura 7.26:</b> Nível de satisfação, com relação ao abastecimento de água, na opinião dos entrevistados..... | 201    |
| <b>Figura 7.27:</b> Nível de satisfação, com relação ao esgotamento sanitário, na opinião dos entrevistados..... | 202    |
| <b>Figura 7.28:</b> Nível de satisfação, com relação à drenagem urbana, na opinião dos entrevistados.....        | 202    |
| <b>Figura 7.29:</b> Nível de satisfação, com relação aos serviços de limpeza, na opinião dos entrevistados.....  | 202    |
| <b>Figura 7.30:</b> Nível de satisfação, com relação aos serviços de saúde, na opinião dos entrevistados.....    | 202    |

## LISTA DE TABELAS

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Tabela 2.1:</b> Nordeste oficialmente delimitado.....   | 7      |
| <b>Tabela 2.2:</b> Classificação da água quanto à potabilidade de acordo com a salinidade.....   | 25     |
| <b>Tabela 2.3:</b> Padrão de aceitação para consumo humano, segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde.....   | 26     |
| <b>Tabela 2.4:</b> Tipos de dessalinizadores.....  | 46     |
| <b>Tabela 2.5:</b> Parâmetros físico-químicos do rejeito utilizado na irrigação da atriplex.....   | 53     |
| <b>Tabela 2.6:</b> Parâmetros físico-químicos dos rejeitos utilizados na irrigação de atriplex .....   | 53     |
| <b>Tabela 2.7:</b> Vantagens e desvantagens do uso da moringa como coagulante.....   | 58     |
| <b>Tabela 3.1:</b> População residente, área territorial e taxa de urbanização dos 29 municípios pesquisados da área de abrangência do Instituto Xingó.....  | 80     |
| <b>Tabela 3.2:</b> Classificação do potencial hídrico dos municípios da área de Xingó.....   | 83     |
| <b>Tabela 3.3:</b> Informações gerais sobre o abastecimento de água nas sedes municipais da área de Xingó.....   | 86     |
| <b>Tabela 4.1:</b> Localização e período de monitoramento da qualidade de água dos 4 poços com dessalinizador investigados.....  | 109    |
| <b>Tabela 4.2:</b> Parâmetros de qualidade determinados na água coletada nos 4 poços com dessalinizador monitorados, com o local de sua determinação e método utilizado.....   | 109    |
| <b>Tabela 4.3:</b> Parâmetros determinados no extrato de saturação do solo coletado no local de disposição do rejeito e a jusante deste, com o local onde foi realizada a sua determinação e o método utilizado..... | 110    |
| <b>Tabela 4.4:</b> Classificação do solo segundo o U.S. Salinity Laboratory.....   | 111    |
| <b>Tabela 4.5:</b> Situação dos poços com dessalinizador nos municípios da área de Xingó.....  | 114    |
| <b>Tabela 4.6:</b> Orçamento para fornecimento de peças, serviços e deslocamentos a serem necessários ou não para a efetiva manutenção em dessalinizadores.....  | 116    |
| <b>Tabela 4.7:</b> Características dos 4 dessalinizadores, com a produção de permeado e número de residências atendidas.....   | 118    |
| <b>Tabela 4.8:</b> Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Areias.....   | 122    |
| <b>Tabela 4.9:</b> Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Aroeira.....  | 124    |

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Tabela 4.10:</b> Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Minuim.....   | 126    |
| <b>Tabela 4.11:</b> Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Icozeira.....   | 128    |
| <b>Tabela 4.12:</b> Percentuais de amostras e respectivas concentrações de coliformes termotolerantes, de amostras coletadas nos 4 poços monitorados (água bruta, permeado e rejeito).....                  | 135    |
| <b>Tabela 4.13:</b> Características químicas do extrato de saturação dos solos coletados no local de despejo do rejeito e a jusante deste dos 4 dessalinizadores monitorados.....                           | 137    |
| <b>Tabela 4.14:</b> Características químicas do extrato de saturação dos solos coletados, com sua classificação, no local de despejo do rejeito e a jusante destes, dos 4 dessalinizadores monitorados..... | 137    |
| <b>Tabela 5.1:</b> Localidade, com o número de residentes e período de monitoramento da qualidade da água de 20 cisternas, localizadas em Poço Redondo-SE, com frequência mensal de amostragem.....         | 148    |
| <b>Tabela 5.2:</b> Parâmetros de qualidade de água determinados na água coletada nas 20 cisternas, com o local de sua determinação e método utilizado.....  | 150    |
| <b>Tabela 5.3:</b> Nível da água armazenada em 13 cisternas monitoradas, localizadas em Poço Redondo-SE.....  | 155    |
| <b>Tabela 5.4:</b> Valores máximo, mínimo, média, desvio-padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos da água coletada de 20 cisternas no município de Poço Redondo-SE.....              | 157    |
| <b>Tabela 5.5:</b> Resultados obtidos da concentração de potássio (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                      | 159    |
| <b>Tabela 5.6:</b> Resultados obtidos da concentração de sódio (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                         | 159    |
| <b>Tabela 5.7:</b> Resultados obtidos da concentração de ferro (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                         | 160    |
| <b>Tabela 5.8:</b> Resultados obtidos da concentração de alumínio (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                      | 160    |
| <b>Tabela 5.9:</b> Resultados obtidos da concentração de zinco (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                         | 161    |
| <b>Tabela 5.10:</b> Resultados obtidos da concentração de cobre (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                        | 161    |
| <b>Tabela 5.11:</b> Resultados obtidos da concentração de manganês (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.....                     | 162    |

|  | Página |
|--|--------|
| <b>Tabela 5.12:</b> pH da torneira e da chuva antes e após a sua colocação na caixa construída com impermeabilizante e em outra caixa construída sem o impermeabilizante.....                            | 164    |
| <b>Tabela 5.13:</b> Percentuais de amostras e respectivas concentrações de coliformes termotolerantes, de amostras coletadas em 20 cisternas em Poço Redondo.....  | 166    |
| <b>Tabela 6.1:</b> Localidades e período de monitoramento da qualidade da água de 8 barreiros, localizados em Poço Redondo-SE, com frequência mensal de amostragem.....                                  | 176    |
| <b>Tabela 6.2:</b> Parâmetros de qualidade determinados na água coletada nos 8 barreiros, com o local de sua determinação e método utilizado.....  | 176    |
| <b>Tabela 6.3:</b> Informações quanto à localidade, custo de implantação e população beneficiada com os 8 barreiros monitorados.....   | 177    |
| <b>Tabela 6.4:</b> Valores máximo, mínimo, média, desvio-padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos da água coletada de 8 barreiros no município de Poço Redondo-SE.....            | 178    |
| <b>Tabela 6.5:</b> Percentuais de amostras e respectivas concentrações de coliformes termotolerantes, de amostras coletadas em 8 barreiros em Poço Redondo-SE.....                                       | 180    |
| <b>Tabela 7.1:</b> Número de domicílios cadastrados nas áreas de atuação do PSF e o nome das localidades, onde foram realizadas as entrevistas, com o respectivo número de domicílios entrevistados..... | 187    |

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>A</b>                | Ampère (unidade de corrente elétrica)                                      |
| <b>ABCMAC</b>           | Associação Brasileira de Captação e Manejo de Águas de Chuva               |
| <b>ABES</b>             | Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental                  |
| <b>ABRH</b>             | Associação Brasileira de Recursos Hídricos                                 |
| <b>Al</b>               | símbolo químico do alumínio  |
| <b>AL</b>               | sigla do estado de Alagoas   |
| <b>AMASE</b>            | Associação Mão no Arado de Sergipe   |
| <b>APHA</b>             | American Public Health Association   |
| <b>AWWA</b>             | American Water Works Association   |
| <b>BA</b>               | sigla do estado da Bahia   |
| <b>BaSO<sub>4</sub></b> | fórmula química do sulfato de bário  |
| <b>CaCO<sub>3</sub></b> | fórmula química do carbonato de cálcio                                     |
| <b>CaSO<sub>4</sub></b> | fórmula química do sulfato de cálcio                                       |
| <b>CASAL</b>            | Companhia de Abastecimento d'Água e Saneamento do Estado de Alagoas        |
| <b>CDJBC</b>            | Centro Dom José Brandão de Capacitação                                     |
| <b>CECAC</b>            | Centro de Capacitação de Canudos   |
| <b>CECOR</b>            | Centro de Educação Comunitária Rural                                       |
| <b>CERB</b>             | Companhia de Engenharia Rural da Bahia                                     |
| <b>CHESF</b>            | Companhia Hidro Elétrica do São Francisco                                  |
| <b>Cl<sup>-</sup></b>   | íon cloreto  |
| <b>CNPq</b>             | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico              |
| <b>CODEVASF</b>         | Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba      |
| <b>COMPESA</b>          | Companhia Pernambucana de Saneamento                                       |
| <b>CPATSA</b>           | Centro de Pesquisa Tecnológica do Semi-Árido                               |
| <b>CPVC</b>             | cloreto de polivinila clorado  |
| <b>C<sub>v</sub></b>    | coeficiente de variação  |
| <b>CV</b>               | cavalo-vapor (unidade de potência)   |
| <b>DESO</b>             | Companhia de Saneamento de Sergipe   |
| <b>dS/m</b>             | deciSimens por metro   |
| <b>EE</b>               | estação elevatória   |
| <b>EMBASA</b>           | Empresa Baiana de Águas e Saneamento                                       |
| <b>EMBRAPA</b>          | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                                |
| <b>ETA</b>              | estação de tratamento de água  |
| <b>FADE</b>             | Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco |
| <b>Fe</b>               | símbolo químico do ferro   |
| <b>FIB</b>              | Faculdade Integrada da Bahia   |
| <b>ha</b>               | hectare (unidade de área)  |
| <b>IBAMA</b>            | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis            |
| <b>IBGE</b>             | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                            |
| <b>ICV</b>              | Índice de Condição de Vida   |

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>IDH</b>           | Índice de Desenvolvimento Humano                              |
| <b>IPEa</b>          | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                      |
| <b>IRCSA</b>         | International Rainwater Catchment Systems Association         |
| <b>IRPAA</b>         | Instituto Regional da Pesquisa Agropecuária Apropriada        |
| <b>K</b>             | símbolo químico do potássio                                   |
| <b>kg</b>            | quilograma (unidade de massa)                                 |
| <b>L</b>             | litro (unidade volumétrica)                                   |
| <b>mg</b>            | miligrama (unidade de massa)                                  |
| <b>Mn</b>            | símbolo químico do manganês                                   |
| <b>MOGGOD</b>        | Mixed Oxidant Gases Generated On site for Disinfection        |
| <b>MS</b>            | Ministério da Saúde   |
| <b>mS/cm</b>         | miliSimens por centímetro (unidade de condutividade elétrica) |
| <b>MST</b>           | Movimento dos Sem Terra                                       |
| <b>Na</b>            | símbolo químico do sódio                                      |
| <b>n<sup>o</sup></b> | número  |
| <b>OMS</b>           | Organização Mundial de Saúde                                  |
| <b>ONG</b>           | Organização Não Governamental                                 |
| <b>ONU</b>           | Organização das Nações Unidas                                 |
| <b>OPS</b>           | Organização Pan-Americana da Saúde                            |
| <b>p.</b>            | página  |
| <b>PE</b>            | sigla do estado de Pernambuco                                 |
| <b>pH</b>            | potencial hidrogeniônico                                      |
| <b>ppm</b>           | partes por milhão   |
| <b>PNUD</b>          | Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento              |
| <b>“</b>             | polegada  |
| <b>%</b>             | porcentagem   |
| <b>‰</b>             | partes por mil  |
| <b>PST</b>           | porcentagem de sódio trocável                                 |
| <b>PVC</b>           | policloreto de vinilo   |
| <b>RAS</b>           | relação de absorção de sódio                                  |
| <b>SAAE</b>          | Serviço Autônomo de Água e Esgoto                             |
| <b>SE</b>            | sigla do estado de Sergipe                                    |
| <b>SECTMA</b>        | Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente             |
| <b>STD</b>           | Sólidos Totais Dissolvidos                                    |
| <b>SUDENE</b>        | Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste               |
| <b>UFPE</b>          | Universidade Federal de Pernambuco                            |
| <b>UFRPE</b>         | Universidade Federal Rural de Pernambuco                      |
| <b>UHE</b>           | usina hidroelétrica   |
| <b>UNEP</b>          | United Nations Environment Programme                          |
| <b>UNICEF</b>        | Fundo das Nações Unidas para a Infância                       |
| <b>v.</b>            | volume  |
| <b>V</b>             | Volt (unidade de potencial elétrico)                          |
| <b>WEF</b>           | Water Environment Federation                                  |
| <b>WHO</b>           | World Health Organization                                     |
| <b>Zn</b>            | símbolo químico do zinco                                      |

## RESUMO

Neste trabalho avaliou-se a situação do saneamento ambiental (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, limpeza pública e saúde pública) na zona urbana de 29 municípios da área de Xingó. São analisadas principalmente as principais deficiências encontradas, através de levantamentos de campo e consultas a órgãos oficiais. Esta área encontra-se totalmente inserida no semi-árido brasileiro. De acordo com os resultados da pesquisa, em geral, a área de Xingó apresenta infra-estrutura sanitária e gerenciamento deficientes.

O município de Poço Redondo-SE, um dos 29 municípios da área de Xingó, foi selecionado para um estudo específico sobre a qualidade de água para consumo humano de obras hídricas de pequeno porte (um poço com dessalinizador, 8 aguadas e 20 cisternas). Foi efetuada também uma pesquisa no campo, através da aplicação de 307 questionários, a fim de obter-se informações sobre os serviços públicos, de acordo com a opinião dos moradores de Poço Redondo.

Para o estudo da qualidade de água dos dessalinizadores (água bruta, permeado e rejeito), 4 poços, incluindo aquele que se localiza em Poço Redondo, foram monitorados. Também foram coletadas amostras de solo no local de disposição dos rejeitos. A qualidade de água do permeado, produzido em cada uma das 4 unidades de dessalinização monitoradas, nem sempre atendeu aos padrões de potabilidade. Os resultados de análises de laboratório e determinações no campo do rejeito mostraram elevadas concentrações de cloretos, de STD e de condutividade elétrica. Os maiores valores foram verificados no rejeito gerado no dessalinizador de Areias (Poço Redondo-SE), sendo esses valores, iguais a 6226 mg/L (cloretos), 26826 mg/L (STD) e condutividade elétrica de 18020  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Amostras de solo coletadas no local de despejo do rejeito dessas unidades mostraram que o mesmo é prejudicial ao solo. Mesmo assim, o rejeito produzido nessas e nas outras unidades da área de Xingó, vem sendo descartado no meio ambiente sem nenhum critério. Verificou-se também, que de 56 unidades dessalinizadoras instaladas na área

de Xingó, apenas 11 vinham produzindo água, devido à ausência de cuidados com operação e manutenção. A condutividade elétrica de cada um dos extratos de saturação de todas as amostras coletadas no ponto de despejo do rejeito, foi superior a 4 dS/m, caracterizando o solo como salino, sendo prejudicial ao desenvolvimento de culturas. O máximo valor foi verificado no local de despejo do rejeito de Icozeira (7,94 dS/m).

No estudo sobre a qualidade da água armazenada nas cisternas, constatou-se que, geralmente, não se atendia aos padrões de potabilidade, principalmente o pH e a presença de coliformes termotolerantes, devido a deficiências na sua proteção sanitária e por não servirem apenas para armazenar água de origem pluvial.

A qualidade da água estocada nos barreiros não é apropriada para ser consumida pela população, pois a cor aparente, a turbidez e a presença de coliformes não atenderam em nenhuma ocasião, aos padrões de potabilidade.

Na opinião da maior proporção dos residentes na zona rural (38,87%) de Poço Redondo, que foram entrevistados, o melhor serviço público era o de saúde pública, enquanto que a maior proporção dos entrevistados que mora na zona urbana (32,06%) respondeu, que o melhor serviço público era o de limpeza pública. Por outro lado, em ambas as regiões, a maior proporção dos entrevistados disse que o pior serviço era o de esgotamento sanitário.

Palavras-chave: saneamento ambiental, qualidade de água, abastecimento de água, área de Xingó

## ABSTRACT

This work dealt with the environmental sanitation (water supply, sewage, drainage, solid wastes, and public health) in the urban zone of 29 municipalities of Xingó area. The research showed the main deficiencies found through surveys on site and by consultings in official institutions. The Xingó area is entirely located in the semi-arid zone of Brazil. According to the results obtained in this research, the Xingó area usually showed a deficient sanitary infrastructure and management.

Poço Redondo municipality is located in the state of Sergipe, and it belongs to Xingó area. It was selected for a specific research. In this specific study the water quality for human consumption purposes of small sized water works (1 well with desalinator, 20 cisterns, and 8 water traps) was evaluated. Besides, semi-structured 307 questionnaires survey by house interview were applied for getting information about public services, according to the opinion of dwellers.

The water quality monitoring has been accomplished in 4 wells with desalinator installed in the Xingó area. In addition, soil samples were collected in the disposal site of water desalinator wastes.

Concerning the permeate produced by desalination units, several results showed that some water quality parameters did not always comply the water quality standards, as such pH (permeate produced in the Aroeira and Icozeira desalinators), TDS (total dissolved solid) and chloride (permeate produced in the Areias desalinator), and thermotolerant coliforms (permeate produced in the Areias, Aroeira, Icozeira, and Minuim desalinators). According to the results obtained, the concentrate from 4 desalinators monitored showed high concentrations of chloride, TDS, and electrical conductivity. The concentrate from Areias (Poço Redondo) desalinator reached the highest values: 6226 mg/L (chloride), 26826 mg/L (TDS), and 18020  $\mu$ S/cm. The results of soil samples collected in the disposal sites of concentrate from these desalinators showed that the discharge is harmful to soil. Even so, the concentrate from desalinators installed in the Xingó area has been disposed without any criterion. It was found

that of total of 56 desalinators, only 11 have been producing water. This occurred due to the lack of suitable technical operations and maintenance.

The water quality stored in the cisterns, usually, did not comply entirely with the potable water standards, mainly the pH and the presence of thermotolerant coliforms. This occurred due their unsuitable sanitary protection, and because these units not have been used for storing rainwater only.

The water quality stored in the water traps must not be consumed by inhabitants, because the parameters apparent colour, turbidity, and the presence of thermotolerant coliforms did not comply with the potable water standards.

In the opinion of majority of the interviewed inhabitants, in the rural zone, a highest proportion (38,87%) declared that the most efficient public service was the public health, while in the urban zone the highest proportion (32,06%) answered that the best public service was the solid waste collection. On the other hand, the highest proportion of inhabitants living in both zones of Poço Redondo answered that the poorest public service was the sewerage.

Keywords: environmental sanitation, water quality, water supply, Xingó area

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO GERAL

O semi-árido brasileiro é marcado, sobretudo, pela escassez e imprevisibilidade das chuvas, assim como por uma variabilidade temporal e espacial das precipitações e por elevadas taxas de evaporação. As formações geomorfológicas dessa região, predominantemente, apresentam grandes extensões de rochas cristalinas, constituindo o pediplano sertanejo. Nessas formações as águas de chuva se perdem rapidamente, escoadas pela rede fluvial temporária, devido à baixa capacidade de retenção do solo. Além do mais, apesar de sua importância vital, o saneamento ambiental na região, via de regra, não tem recebido a devida importância. Esse quadro desfavorável tem contribuído para a deterioração da qualidade de vida dos sertanejos.

No entanto, diversos órgãos e entidades têm se dedicado à busca, por soluções de melhoria, a fim de suplantar as adversidades apresentadas nessa região. Entre eles, encontra-se o Instituto de Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Xingó (Instituto Xingó), com sede em Canindé do São Francisco-SE. Sua área de atuação, inicialmente, era constituída por 29 municípios, nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe. Esses municípios ocupavam uma área de 40.204 km<sup>2</sup>, com uma população de 608.771 habitantes. Posteriormente, os municípios de Belo Monte-AL, São José da Tapera-AL, Santa Brígida-BA, Ibimirim-PE e Parnamirim-PE (municípios assistidos) foram incorporados à área de atuação desse instituto. Com a inclusão desses 5 municípios, a área de atuação passou a ser de 45.492 km<sup>2</sup>, com uma população de 703.537 habitantes. Essa região, que neste trabalho é denominada de a “área de Xingó”, encontra-se integralmente no semi-árido nordestino.

Nesta tese de doutorado foram realizados estudos sobre o saneamento ambiental na zona urbana dos 29 municípios originais, onde atua o Instituto Xingó. A pesquisa consistiu em levantamentos sobre abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, limpeza pública e saúde pública,

assim como estudos sobre a qualidade de água em 4 poços dotados de dessalinizador. Em virtude da enorme extensão territorial da área de Xingó, foi selecionado apenas o município de Poço Redondo-SE, para o desenvolvimento de um estudo específico, no campo do saneamento ambiental. A escolha baseou-se no fato de que o município tem uma boa representatividade do saneamento ambiental da área de Xingó e, dentre os 29 municípios, onde foram realizados estudos sobre o saneamento na zona urbana, é o detentor do menor IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) e por ser um dos municípios mais secos.

O estudo específico em Poço Redondo abrangeu a determinação de parâmetros de qualidade de água de unidades (poço com dessalinizador, barreiros e cisternas), cuja qualidade não era ou não vinha sendo monitorada. Adicionalmente, foram realizadas entrevistas, através de questionários aplicados sobre o saneamento ambiental (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, limpeza pública e saúde pública), junto à população de Poço Redondo-SE.

A área alvo desta pesquisa de doutorado pode ser visualizada na Figura 1.1., com destaque para Poço Redondo-SE, onde se desenvolveu um estudo detalhado.

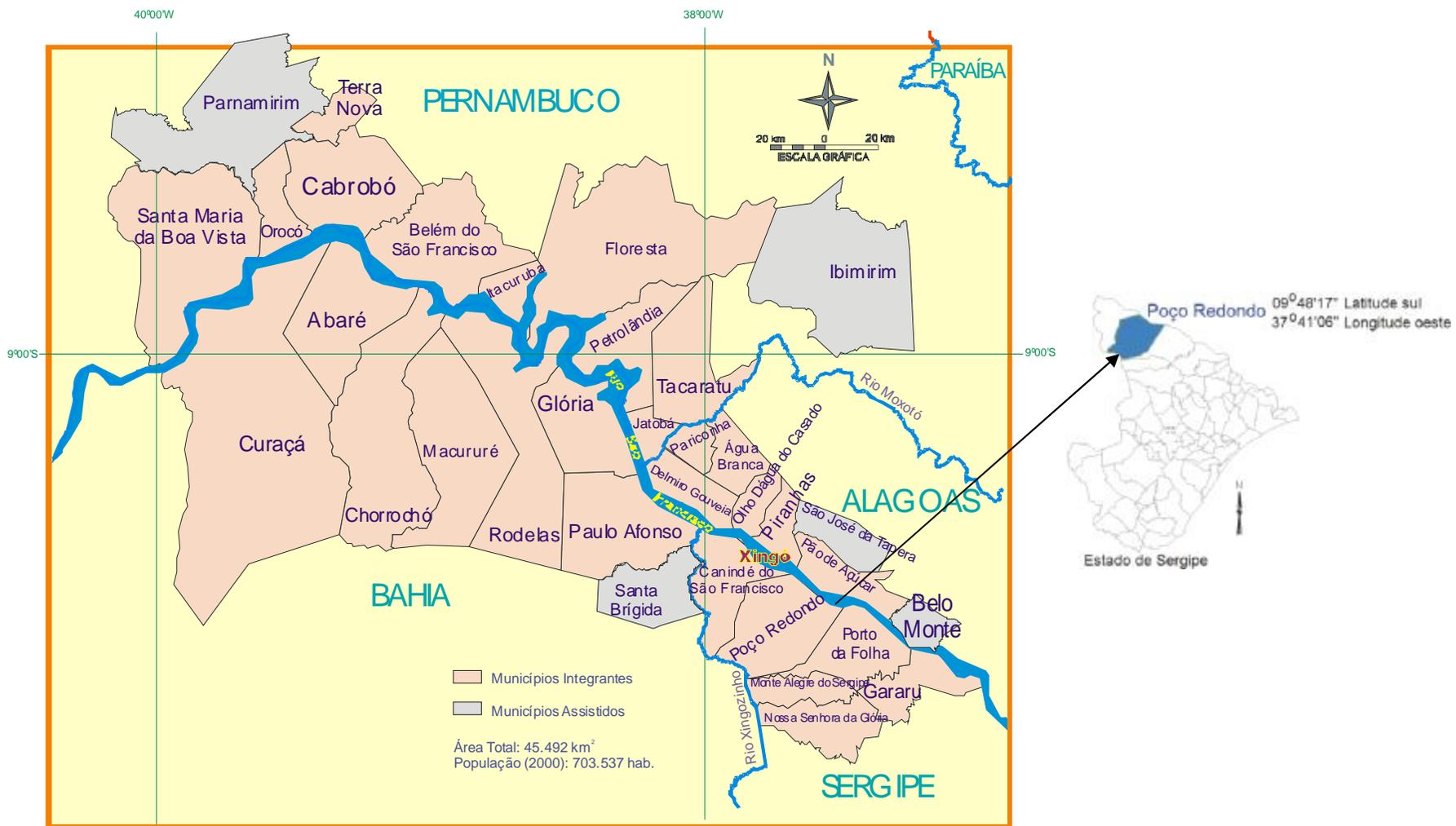


Figura 1.1: Área de atuação do Instituto Xingó e alvo da pesquisa, com o detalhe de Poço Redondo-SE (Fonte: GEOXINGÓ).

## **1 – OBJETIVOS DA PESQUISA**

### **1.1 – OBJETIVO GERAL DA PESQUISA**

Elaborar ações para melhoria do saneamento ambiental na área de Xingó, com maior ênfase, para o setor de abastecimento de água do município de Poço Redondo-SE, considerado um dos mais secos do semi-árido e o de pior índice de desenvolvimento humano daquela área.

### **1.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- (i) Determinar o perfil do saneamento ambiental (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem, limpeza urbana e saúde pública) na área urbana dos 29 municípios da área de Xingó.
- (ii) Realizar levantamentos sobre a situação das unidades de dessalinização existentes na área de Xingó e monitorar a qualidade de água.
- (iii) Diagnosticar a situação em que se encontram as obras hídricas de pequeno porte no município de Poço Redondo-SE e avaliar a qualidade de água destas.
- (iv) Determinar o perfil das condições sanitárias (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza urbana e saúde pública) do município de Poço Redondo-SE, através da aplicação de questionários semi-estruturados.

### **1.3 – HIPÓTESE**

O presente trabalho tem como hipótese de que, a qualidade de água armazenada em cisternas e, também, a que é produzida em poços com dessalinizadores, são adequadas ao consumo humano. Por outro lado, a água estocada em barreiros é recomendada para usos menos exigentes.

## **1.4 – ORGANIZAÇÃO DA TESE**

Esta tese de doutorado está subdividida em 8 capítulos, com o seguinte conteúdo:

O capítulo 1 informa a área onde se desenvolveu esta pesquisa de doutorado, os seus objetivos e uma síntese dos capítulos que a compõem.

No capítulo 2, através de uma revisão na literatura, descreve-se os aspectos que contribuem para a degradação do semi-árido brasileiro. Também são abordadas a conceituação e importância do saneamento ambiental e da qualidade de água para consumo humano.

No capítulo 3 é apresentado resultados do levantamento e avaliação das características do saneamento ambiental na zona urbana de 29 municípios da área de Xingó.

No capítulo 4 é feita uma abordagem sobre a situação em que se encontram os dessalinizadores dos 34 municípios da área de Xingó. Apresenta-se também resultados de qualidade de água de 4 dessalinizadores e de amostras coletadas no ponto de despejo do rejeito e a jusante deste.

No capítulo 5 apresenta-se os resultados de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água armazenada em 20 cisternas, localizadas em Poço Redondo-SE e suas condições de utilização.

No capítulo 6 são apresentados os resultados de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água estocada em 8 barreiros, situados em Poço Redondo-SE.

O capítulo 7 trata de uma descrição do perfil do saneamento ambiental obtido, mediante a aplicação de 229 questionários na zona rural e 78 na zona urbana de Poço Redondo. Registra-se, também, a opinião dos entrevistados, com relação aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza pública e saúde pública.

O capítulo 8 apresenta as conclusões finais obtidas com esta pesquisa de doutorado.

## CAPÍTULO 2

### O ESTADO DA ARTE

#### 2.1 – A SECA E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

O Nordeste oficialmente delimitado, compreende uma área de 1.561.176 km<sup>2</sup>, abrangendo completamente 9 estados e uma porção de Minas Gerais, conforme pode ser visto na Tabela 2.1, onde 64,5% da área territorial do Nordeste se encontra inserida no “Polígono das Secas” e cerca de 56% da mesma está em clima considerado semi-árido (ANDRADE, 2001). O semi-árido, inclusive o norte de Minas Gerais, é composto por 1031 municípios, cobrindo a área de 892,3 mil km<sup>2</sup>, que abriga uma população de 19,4 milhões, correspondendo a 49,6% e a 36,3%, respectivamente, da área e da população da região de atuação da Superintendência de Desenvolvimento dos Estados do Nordeste (SUDENE). Sem incluir os municípios de Minas Gerais, o semi-árido abrange 53,7% e 39,2%, respectivamente, da área e da população do Nordeste, em 991 municípios. (SECTMA, 2004).

Tabela 2.1: Nordeste oficialmente delimitado.

| Estado/região         | Total       | Área (km <sup>2</sup> )    |                          |
|-----------------------|-------------|----------------------------|--------------------------|
|                       |             | Área no polígono das secas | Área em clima semi-árido |
| Alagoas               | 27.933,1    | 14.704                     | 11.900                   |
| Bahia                 | 567.295,3   | 361.206                    | 392.955                  |
| Ceará                 | 146.346,3   | 143.080                    | 119.081                  |
| Maranhão              | 333.365,6   | -----                      | -----                    |
| Paraíba               | 56.584,6    | 56.972                     | 48.502                   |
| Pernambuco            | 98.937,6    | 90.067                     | 85.574                   |
| Piauí                 | 252.378,5   | 234.084                    | 125.692                  |
| Região litigiosa      | 2.977,4     | -----                      | -----                    |
| Rio Grande do Norte   | 53.306,8    | 51.210                     | 48.344                   |
| Sergipe               | 22.050,4    | 13.163                     | 10.928                   |
| Região Nordeste       | 1.561.175,6 | 964.486                    | 842.976                  |
| Norte de Minas Gerais | 120.701,0   | 120.701                    | 57.530                   |
| Total                 | 1.681.878,8 | 1.085.187                  | 900.506                  |

Fonte: Andrade (2001)

Considera-se o semi-árido uma área tradicional de expulsão populacional, em decorrência das secas, das baixas vantagens competitivas, em termos econômicos e da estrutura fundiária altamente concentrada (ANDRADE, 2001).

O conceito de seca está intimamente relacionado com o ponto de vista do observador. Embora a causa primária das secas resida na insuficiência ou na irregularidade das precipitações pluviais, existe uma seqüência de causas e efeitos, na qual o efeito mais próximo de uma seca torna-se a causa de um outro efeito e esse efeito passa a ser denominado também de seca. Assim, para citar as mais comuns, pode-se definir a seca climatológica (causa primária ou elemento que desencadeia o processo), a seca edáfica (efeito da seca climatológica), a seca social (efeito da seca edáfica) e a seca hidrológica (SÓLON et al., 2001). Segundo Sabino (2002), a SUDENE (1999) faz alusão a 3 principais tipos de secas, de acordo com sua irregularidade na distribuição espacial e temporal:

- (i) Seca hidrológica: poucas chuvas, mas bem distribuídas, suficientes para agricultura. Diminuição no volume de água acumulada.
- (ii) Seca agrícola (seca verde): chuvas mal distribuídas não garantindo as colheitas.
- (iii) Seca efetiva: quando coincidem baixa precipitação e má distribuição, causando frustração das safras e esgotamento dos reservatórios hídricos.

Adicionalmente, Sabino (2002) afirma que, todas as definições de seca, são tentativas de melhor entender o fenômeno e suas variações e criar uma única nomenclatura. Porém, fica claro que o foco principal da questão seca perpassa pela vulnerabilidade das populações.

A seca é um binômio climático de um período chuvoso muito curto, cerca de 40 a 60 dias de chuva por ano, e um período muito longo de evaporação (300 dias). Esta é a razão da ocorrência da seca. Na Europa, nas cidades de Londres, Paris e Moscou, por exemplo, chove aproximadamente 600 mm por ano, mas o clima é temperado, a água é distribuída e permanece, ao invés de evaporar, enquanto que no semi-árido brasileiro ocorre o terrível fenômeno da evaporação (SUASSUNA, 2000).

Dentre os desastres naturais, a seca é com certeza, o fenômeno mais complexo de se analisar. Furacões, terremotos e enchentes possuem inícios e termos bem definidos e suas conseqüências são muito evidentes para a população. As secas, por sua vez, iniciam-se lentamente e possuem durações relativamente longas, cobrindo grandes áreas e ocasionando uma série de danos à população atingida. A complexidade do fenômeno, com suas diferentes causas e efeitos, pode ser a razão pela qual, há na literatura tantas definições diferentes para seca (PAIXÃO et al., 2003).

A fragilidade econômica do semi-árido brasileiro, a sua vulnerabilidade social às secas, a considerável dimensão do seu contingente demográfico, em face de sua estreita base econômica, resultam em indicadores sociais típicos de regiões profundamente atrasadas, onde prevalece a pobreza, a desigualdade no acesso a ativos e a renda e a exclusão social. O grande número de carros-pipa mobilizados todos os anos em situações de seca, ou de chuvas normais, reflete o grau de inadequação entre oferta e demanda de água na região, tanto em termos temporais, como espaciais. O número de carros-pipa constitui, por isso, importante indicador da carência de água, cuja constatação é reforçada a cada ano (SECTMA, 2004).

O fenômeno ENOS (episódio quente ou El Niño), consiste basicamente de um aquecimento anômalo do oceano Pacífico Equatorial, em conjunto com variações do campo de pressão ao nível do mar na região tropical. Embora, a existência do fenômeno ENOS não implique necessariamente em ocorrência de secas sobre o nordeste brasileiro, sabe-se que sua atividade moderada a muito intensa pode provocar condições de seca moderada a severa sobre o semi-árido nordestino (ARAGÃO, 2004). De acordo com Quintans (2001), o interesse científico pelo El Niño aumentou em meados da década de 70, quando se percebeu que um conjunto de fenômenos climáticos acontecia antes, durante e depois da sua chegada. Seu impacto climático e social passou a ser considerado, não só entre os cientistas, mas também por grupos de gestão pública. Segundo Aragão (2004), os organismos estaduais, nacionais e internacionais de meteorologia têm tido êxito considerável nas previsões dos ciclos do ENOS, por meio de simulações (modelos) de evolução solidária dos

fenômenos físicos da interface oceano-atmosfera. As previsões de tempo e de variações climáticas representam uma nova e extraordinária ferramenta para o desenvolvimento sustentável, à medida que ensejarão melhorias significativas no manejo dos recursos naturais e, conseqüentemente, na qualidade de vida para as populações das regiões mais vulneráveis aos impactos da variabilidade climática.

No Brasil, as áreas sujeitas aos processos de desertificação correspondem, basicamente, àquelas oficialmente delimitadas como “Polígono das Secas”, ocupando cerca de 1.083.790,7 km<sup>2</sup>, pois estão sujeitas a períodos curtos ou prolongados de estiagens. Estende-se por boa parte do Nordeste brasileiro, atingindo também uma pequena porção ao norte do estado de Minas Gerais, conforme ilustra a Figura 2.1. Trata-se do “Trópico do Semi-Árido”, incorporando características climáticas do semi-árido e do sub-úmido seco, possuindo estruturas geológicas referentes ao escudo cristalino e às bacias sedimentares, morfoestruturas com blocos soerguidos e depressões, apresentando formações de Caatinga e de Cerrado. Segundo dados do Censo Demográfico 2000 (IBGE, 2003), a área tem cerca de 18,5 milhões de habitantes, sendo 8,5 milhões na zona rural, com densidade demográfica de 20 hab/km<sup>2</sup>, isto representa 42% da população do Nordeste, ou, ainda, 11% da população brasileira (IBAMA, 2003 *apud* FREIRE, 2004).



Figura 2.1: Localização do Trópico Semi-árido no Brasil (IBAMA, 2003 *apud* FREIRE, 2004).

Conforme o SECTMA (2004), atualmente, admite-se a existência no semi-árido nordestino de quatro núcleos de desertificação:

- (i) Núcleo de Seridó: localizado na região centro-sul do Rio Grande do Norte e centro norte da Paraíba, compreendendo uma área com cerca de 2341 km<sup>2</sup>, envolvendo vários municípios vizinhos ao município de Parelhas.
- (ii) Núcleo de Irauçuba: localizado no noroeste do estado do Ceará, que abrange uma área de 4000 km<sup>2</sup>, incluindo os municípios de Irauçuba, Forquilha e Sobral.
- (iii) Núcleo de Gilbués: localizado no Piauí, com uma área com aproximadamente 6.131 km<sup>2</sup>, envolvendo os municípios de Gilbués e Monte Alegre.
- (iv) Núcleo de Cabrobó: localizado em Pernambuco, que totaliza uma área de cerca de 5960 km<sup>2</sup> e abrange os municípios de Cabrobó, Belém do São Francisco e Floresta.

Segundo o SECTMA (2004), além da fragilidade natural, motivada pelas características dos seus solos e pelas condições climáticas, esses núcleos desenvolveram-se sob forte e indevida interferência humana. Entre as causas antrópicas, apontadas como de importância no processo de desertificação, algumas são comuns a todos os núcleos de desertificação, enquanto outras podem ser atribuídas às características específicas das atividades desenvolvidas nos municípios incluídos em cada um deles. Entre as causas comuns, estão o desmatamento indiscriminado, as queimadas e o sobrepastejo, em razão, principalmente, dos caprinos e ovinos. No núcleo de desertificação do Seridó o problema do desmatamento é agravado por cerca de 70 olarias, cujos produtos cerâmicos são de reconhecida qualidade nos grandes centros urbanos do Nordeste. A ineficiência na geração de energia pelas indústrias de cerâmica dessa região tem agravado o processo de desertificação por causa da demanda por lenha.

Os ambientes áridos e semi-áridos são mais vulneráveis ao desmatamento, visto a falta de chuvas e, quando ocorrem, provocam efeitos erosivos intensos em solos, geralmente, rasos. Com isso, a vegetação tem recuperação lenta (MOURA, 2003).

Além dos já mencionados, outros fatores antrópicos desempenham papel importante nos processos de desertificação no semi-árido. Nesse contexto, a salinização é a principal causa da degradação dos solos e conseqüente desertificação nas áreas de agricultura irrigada. Dos 4 núcleos de desertificação mencionados, o de Cabrobó, é o único onde a salinização, mesmo sem se constituir na principal causa, apresenta alguma relevância no processo de desertificação das suas áreas situadas às margens do rio São Francisco. Esses núcleos de desertificação têm sido objeto de estudos em anos recentes e, embora ainda insuficientes, as informações obtidas nesses estudos representam a base do acervo sobre desertificação no Nordeste do Brasil (SECTMA, 2004).

Efluentes domésticos e industriais sem tratamento, lançados nos cursos d'água, associados à deficiência de educação e conscientização ambiental da população são as causas principais da degradação dos recursos hídricos e de propagação de doenças endêmicas que debilitam a população do semi-árido. Para enfrentar esse quadro preocupante, torna-se necessário repensar o modelo de saúde pública empregado e atuar emergencialmente, articulando ações desse setor com as áreas de saneamento, alimentação, habitação, promoção social e geração de emprego e renda (LÓCIO, 2000). Segundo Nunes et al. (2000), os estudos da qualidade das águas superficiais nessa região são fundamentais, porque a maioria dos corpos hídricos é destinada a usos múltiplos e recebem esgotos "in natura" (apenas 12,8% dos habitantes têm rede de esgotos e só 4% dos coletados recebem algum tratamento).

Os rios que se encontram na região semi-árida vêm padecendo e, muitos deles, têm tido uma diminuição no seu volume e na sua vazão. Algumas das áreas ao longo destes rios são "bolsões úmidos" no sentido de que eles são menos secos e sua vegetação é mais verde do que no restante do semi-árido propenso à seca. Estes bolsões úmidos são chamados de brejos de altitude. Em um ambiente hostil como a região semi-árida, estas áreas são diferentes, no sentido de que elas mantêm sua população e, desta forma, o fluxo migratório é bem menor quando comparado a outras localidades. Entretanto, isto não quer dizer que sua população tenha aprendido como tratar

estas áreas de forma sustentável, preservando-a. Pelo contrário, devido à grande confiança nos recursos hídricos e à ausência de medidas que assegurem a preservação destas áreas, estes rios estão literalmente “morrendo”. A maior parte deles é muito poluída, pois eles atendem não só às necessidades das populações ribeirinhas, mas também a muitas outras que têm que caminhar longas distâncias em busca de água. Como estas populações não são cientes das implicações, causadas pela degradação destes recursos, lançam lixo nas margens dos rios, tornando a água contaminada. Além do mais, a maioria das casas localizadas nestas áreas não possui sistemas de esgoto, agravando ainda mais a contaminação (BRANCO; ALMEIDA, 2002).

Branco e Almeida (2002) apresentaram um estudo de caso da mobilização de mulheres do Movimento das Trabalhadoras Rurais do Sertão Central (porção do semi-árido localizada no centro do estado de Pernambuco), voltadas para a revitalização do pequeno rio Olho d'Água, localizado no município de Santa Cruz da Baixa Verde. A comunidade ocupa as margens do rio e é formada por 1000 pessoas. Desde que o problema da água estava intimamente relacionado às vidas das mulheres, elas perceberam que o único e vital recurso hídrico (rio Olho d'Água) estava desaparecendo, então, decidiram revitalizá-lo. Esta iniciativa demonstra a ausência de ação governamental na solução do problema, além da importância da força da mobilização das mulheres da zona rural. Além da poluição existente nas áreas ocupadas pelos pequenos posseiros, o sistema de esgoto de Jatiúca despeja o esgoto no rio. A população local tinha sérios problemas de saúde, incluindo hepatite, que pode ser vista como um resultado da sua exposição à água contaminada. Embora a iniciativa do movimento esteja no seu estágio inicial, todas as fases foram planejadas pela população local. Esta iniciativa vem sendo considerada como um projeto piloto e espera-se que na conclusão deste projeto, o mesmo seja feito em outras áreas. Além das organizações rurais femininas e da união de trabalhadoras rurais, uma Organização Não Governamental (ONG) chamada CECOR (Centro de Educação Comunitária Rural) já vem sendo envolvida. Esta ONG conta com engenheiros agrônomos especialistas, que recomendaram,

quais tipos de vegetações nativas deveriam ser plantadas, além de outros assuntos relacionados à silvicultura.

Um retrato da realidade, que predomina nos municípios do semi-árido nordestino, é mostrado no trabalho de Duque e Balbino (2000). Estes autores realizaram um trabalho no período de janeiro a fevereiro de 1998 no município de Major Isidoro-AL. O município apresenta um clima semi-árido e possui uma população de cerca de 18.000 habitantes. O estudo tinha como objetivo a caracterização das formas de abastecimento de água, detectar focos de contaminação do meio ambiente e a orientação direta à população, indústrias, comércio e autoridades competentes. As principais atividades desenvolvidas na pesquisa foram visitas a escolas, onde foram entrevistados professores, funcionários e alunos, além de visitas a bairros da periferia. Também foram feitas visitas à zona rural, onde foram realizadas entrevistas com moradores e autoridades administrativas do município, reuniões com os principais líderes comunitários e inspeção às principais fontes de abastecimento de água. Concluiu-se que neste município não havia nenhuma cultura ambiental com relação à racional utilização da água, nem com relação à diminuição dos riscos ambientais.

## **2.2 – SANEAMENTO AMBIENTAL**

Segundo Chaudhry (2003), o conceito de saneamento ambiental explicitado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) difere pouco do de saneamento clássico, que é totalmente antropocêntrico e retrata aquilo que, no Brasil, se denomina de saneamento básico. Segundo a OMS (WHO, 2003), saneamento ambiental é a promoção da higiene e a prevenção de doenças e de outras conseqüências da má saúde relacionada a fatores ambientais. Para a OMS, o saneamento tem duas dimensões básicas: os fatores ambientais, que exercem impacto sobre agentes infecciosos e sobre a transmissão de doenças, incluem disposição de dejetos humanos, esgotos, resíduos sólidos e outros, drenagem pluvial, abastecimento de água para uso doméstico e habitação; e as práticas de higiene, que envolvem fatores sócio-culturais e comportamentais relacionados à saúde, estilo de vida e consciência ambiental, incluem higiene

peçoal, limpeza doméstica e limpeza dos ambientes comunitários. Enfatiza-se que, no sentido mais amplo, é finalidade do saneamento ambiental controlar e modificar o ambiente físico para prevenir a transmissão de doenças aos seres humanos. A ênfase, por parte da OMS com relação ao saneamento ambiental sobre o ambiente humano deve-se às estatísticas preocupantes sobre a população mundial que ainda não tem suas necessidades sanitárias básicas atendidas, principalmente nos países em desenvolvimento. A conseqüência, em nível mundial, é de milhões de mortes causadas por doenças transmitidas via água em focos representados por habitações informais na forma de barracos, favelas e similares, não contemplados por serviços de saneamento. A definição mais atual do saneamento ambiental reporta-se ao sentido de remediar o meio ambiente, mitigar os impactos negativos das intervenções humanas ou outras sobre os ecossistemas e prevenir tais impactos no futuro.

O saneamento possui um impacto profundo na qualidade de vida de uma população, interagindo com questões culturais, econômicas e políticas de uma determinada região. A carência de investimentos nesse setor acaba ocasionando, entre outras coisas, um aumento da incidência de casos de doenças relacionadas com as condições sanitárias, em geral, interferindo negativamente no bem estar da população (TEIXEIRA et al., 2003).

A estrutura física dos serviços de saneamento, em particular a dos sistemas de abastecimento de água e de esgotos sanitários, está associada à realidade complexa da urbanização e à multiplicidade de atribuições de competência, além de possuir estreita ligação com o desempenho do setor público. Como tal, sofre influência do processo de desenvolvimento vigente no Brasil, que promoveu ao longo dos anos, um desgaste das finanças públicas, com repercussão direta nas suas instituições. Atualmente, a estrutura do setor de saneamento no Brasil é caracterizada, de um lado, pelo esgotamento do modelo de financiamento existente e, de outro, por um intenso processo de debates e articulações em torno da formulação e implementação de novos arranjos institucionais para o setor, processo esse cujo resultado ainda se encontra indefinido (SOARES et al., 2003).

O setor de saneamento no Brasil, assim como outros setores de serviços públicos essenciais, sempre careceu de um ordenamento institucional, que permitisse a implementação de ações coordenadas entre os três níveis de governo e, dado o seu caráter multidisciplinar, também com os outros setores afins, tais como, saúde pública, meio ambiente, recursos hídricos e desenvolvimento urbano (PEROSA et al., 2000).

Somente em 5 de janeiro de 2007, foi sancionada pelo presidente da República, Luís Inácio Lula da Silva, e publicada, posteriormente, em 8 de janeiro do mesmo ano, no Diário Oficial da União, a lei que estabelece diretrizes nacionais básicas para o saneamento básico, a Lei 11.445/07. Segundo ela, as políticas públicas de saneamento básico deverão criar mecanismos de controle social, ou seja, formas de garantir à sociedade informações e participação, no processo de formulação das medidas relacionadas ao setor. Além da universalização do acesso, a lei prevê que o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos sejam feitos de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente (AGÊNCIA BRASIL, 2007).

## **2.3 – QUALIDADE DE ÁGUA**

### **2.3.1 – Generalidades**

Muito já se sabe da relação saneamento e saúde e mais especificamente da água e saúde pública. Em 400 a.C., Hipócrates já chamava a atenção de seus colegas para a relação entre a qualidade da água e a saúde da população. Afirmava que “o médico que chega numa cidade desconhecida deve observar com cuidado a água usada por seus habitantes” (COSTA et al., 2001b).

Chagas e Souza (2003) salientam que, com o desenvolvimento da tecnologia e o aumento populacional, a qualidade da água tornou-se um importante tópico de estudo para cientistas e engenheiros a nível mundial. Atualmente, os problemas da poluição hídrica são tão importantes quanto os mais importantes problemas que envolvem as questões quantitativas da água.

Apesar da preocupação com problemas relacionados com a qualidade de água, vários casos de morbidade, relativos à falta de saneamento, continuam sendo registrados, principalmente em países em desenvolvimento (TEIXEIRA et al., 2003). Richter e Netto (1991) afirmam que a OMS (Organização Mundial de Saúde) identifica que 80% dos casos de doenças em países em desenvolvimento são de veiculação hídrica. Segundo Teixeira et al. (2003), alguns estudos (CARVALHO, 1997; MEDRONHO, 1999) comprovam a correlação entre níveis socioeconômicos com a incidência de doenças relacionadas com o saneamento.

Uma das dificuldades na avaliação do impacto do abastecimento de água destinada ao consumo, na saúde, é a ausência de estatísticas demográficas sobre os habitantes locais, especialmente em comunidades rurais. Portanto, o conhecimento sobre as incidências de doenças, que ocorrem nas áreas rurais, em decorrência de água poluída, é importante. Isso possibilita comparar a incidência de doenças de veiculação hídrica entre comunidades que têm acesso à água potável e aquelas que não têm (ZAMXAKA et al., 2004).

A falta de água para consumo e de medidas sanitárias adequadas, podem ocasionar várias doenças, tais como, cólera, disenteria, salmonelose e febre tifóide. A diarreia é a principal causa pela morte de mais de 2 milhões de pessoas no mundo. A maioria destas pessoas é composta por crianças com idade inferior a 5 anos (ZAMXAKA et al., 2004).

Alguns indicadores críticos, relacionados ao saneamento e à carência de água nos países em desenvolvimento, foram comentados por Maia Neto (1997). Dentre esses parâmetros, destaca-se que a pobreza e a falta de saneamento básico são responsáveis, nesses países, pelo óbito de uma criança a cada 10 segundos, em consequência de doenças evitáveis, caso a água fosse tratada, totalizando 10 milhões de óbitos a cada ano.

Rush et al. (2000) afirmam que levantamentos realizados em campo, com o intento de identificar impropriedades do uso da água, são fundamentais.

Eles proporcionam um conhecimento básico adequado, para a tomada de ações corretivas, relacionadas ao abastecimento de água.

### **2.3.2 – Parâmetros físico-químicos**

Von Sperling (1996) afirma que a qualidade de uma determinada água é resultante do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica, sendo afetada tanto pelas condições naturais, como também, pela interferência do homem. Os diversos componentes presentes na água e, que alteram sua qualidade, podem ser avaliados a partir de suas características físicas (cor, sabor, temperatura, turbidez, entre outras), químicas (alcalinidade, cloretos, condutividade elétrica, dureza, pH, entre outras) e biológicas (coliformes termotolerantes e totais, entre outras), que devem ser entendidas de uma forma abrangente, com suas possíveis interações.

#### **2.3.2.1 – Condutividade elétrica**

A capacidade da água de conduzir corrente elétrica é conhecida como condutividade elétrica ou condutância específica e depende da concentração de íons em solução (UNEP/WHO,1996).

#### **2.3.2.2 – Sólidos totais dissolvidos (STD)**

Sólidos totais dissolvidos é o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representa a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil (SANTOS, 1997).

Águas com STD superior a 30.000 mg/L (ppm) são consideradas como águas salgadas, enquanto que, aquelas com STD inferior a 500 mg/L (ppm) são águas doces. As águas salobras apresentam uma concentração desse parâmetro intermediária entre a água doce e a água salgada (MMA/ABEAS, 1999).

### **2.3.2.3 – Temperatura**

A temperatura é a medição da intensidade de calor. Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas e diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência de gases (VON SPERLING, 1996).

Segundo Santos (1997), a amplitude térmica anual das águas subterrâneas, em geral, é baixa (de 1 a 2 °C) e independem da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície.

### **2.3.2.4 – pH**

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$  (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH é um dos mais importantes parâmetros de qualidade de água. (VON SPERLING, 1996).

Este parâmetro é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. Varia de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, ácido com valores inferiores a 7 e alcalino ou básico com valores superiores a 7. A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11 (SANTOS, 1997).

### **2.3.2.5 – Cor**

É o resultado das substâncias dissolvidas na água, provenientes principalmente da lixiviação da matéria orgânica. (SANTOS, 1997).

O termo cor aparente inclui não apenas a cor devido a substâncias em solução, mas também a cor devido à matéria em suspensão. A cor verdadeira é aquela na qual a turbidez tenha sido removida (APHA et al., 1998).

### **2.3.2.6 – Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma (Von Sperling, 1996). É causada pela matéria em suspensão e coloidal, tais como argila, silte, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e plâncton e outros organismos microscópicos (APHA et al., 1998).

### **2.3.2.7 – Alcalinidade**

Alcalinidade de uma água é sua capacidade de neutralizar um ácido. A alcalinidade de algumas águas deve-se somente aos bicarbonatos de cálcio e magnésio. Quando o pH da água não excede a 8,3 e sua alcalinidade total é praticamente idêntica à sua alcalinidade de bicarbonato. Águas que têm um pH acima de 8,3 contêm carbonatos e possivelmente hidróxidos, além de bicarbonatos (UNEP/WHO, 1996).

Como a alcalinidade de muitas águas superficiais é primariamente uma função de carbonato, bicarbonato e teor de hidróxidos, este parâmetro é considerado como uma indicação da concentração destes constituintes (APHA et al., 1998). Segundo Custódio e Llamas (1983), a alcalinidade das águas subterrâneas, em geral, situa-se entre 100 e 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L e, somente em casos especiais, pode atingir 1000 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

### **2.3.2.8 – Cloreto**

Uma elevada concentração de cloretos ocorre em águas que tiveram contato com formações geológicas que os continham. Senão, devido a isto, altos teores podem indicar uma poluição por esgoto ou resíduos industriais ou através da intrusão de água do mar ou salina no corpo d'água doce ou aquífero. Uma concentração alta deste elemento tem um efeito corrosivo em condutos e estruturas de metal, além de ser prejudicial à maioria dos vegetais (UNEP/WHO, 1996).

### **2.3.2.9 – Dureza**

A dureza é a medida da capacidade de água precipitar sabão (APHA et al.,1998). Utiliza-se, geralmente, o teor de cálcio e magnésio de uma água, expresso em teores de carbonato de cálcio e magnésio para definir a dureza.

Em termos de tratamento e abastecimento público de água, tem-se (Von Sperling, 1996):

- (i) Dureza < 50 mg/L CaCO<sub>3</sub> – água branda
- (ii) Dureza entre 50 e 150 mg/L CaCO<sub>3</sub> – água de dureza moderada
- (iii) Dureza entre 150 e 300 mg/L CaCO<sub>3</sub> – água dura
- (iv) Dureza > 300 mg/L CaCO<sub>3</sub> – água muito dura

Desde o final da década de 50, numerosos estudos têm relatado que a dureza da água, ou seja, a sua concentração de cálcio e magnésio, está associada às doenças cardiovasculares (ROSENLUND, 2005).

Ao contrário do que se acreditou no passado, a ingestão de águas duras pode influenciar favoravelmente a saúde humana; é o que indicam algumas pesquisas epidemiológicas que relacionaram o seu uso com a menor incidência de enfermidades cardiovasculares (LIMA, 1993).

### **2.3.2.10 – Metais**

As concentrações de metais na água ocorrem em função do comportamento eletroquímico e químico das partículas, como também, de outras condições do ambiente hidrológico. Esses níveis podem variar de algumas ng/L (10<sup>-9</sup> g/L) ou µg/L (10<sup>-6</sup> g/L) naqueles conhecidos como metais traços (berílio, cádmio, mercúrio, entre outros) a mg/L (10<sup>-3</sup> g/L), ou ainda, em alguns casos, g/L, com relação aos metais principais (cálcio, magnésio, sódio, entre outros). Alguns metais podem ser benéficos ou tóxicos, dependendo das suas concentrações e do comportamento fisiológico (GALVÍN, 1996).

Embora o alumínio seja um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, ele está presente apenas em concentrações traço nas águas naturais. Este elemento ocorre em muitas rochas, minerais e argilas, e está

presente em praticamente todas as águas superficiais (UNEP/WHO, 1996). Segundo Juan (2000), este metal, normalmente não está presente em águas subterrâneas, nem superficiais, a menos que ocorra uma contaminação industrial. Para Galvín (1996) o metabolismo do alumínio nos seres humanos não é bem compreendido. O principal problema deste metal com relação à ingestão por seres humanos é baseado na possibilidade de favorecer a incidência de certos distúrbios neurológicos como, por exemplo, o mal de Alzheimer, em pacientes de diálise renal, tratados com água obtida de águas potáveis ricas em alumínio (mais de 0,11 mg/L).

Águas pobres em compostos orgânicos como, por exemplo, na Alemanha, apresentam concentrações de cobre na ordem de 5 a 10 µg/L. Águas com quantidades mais elevadas de compostos orgânicos, assim como na Suécia, apresentam concentrações acima de 390 µg/L. Concentrações de 3 a 5 mg/L de cobre conferem um sabor amargo e adstringente e até mesmo uma irritação gástrica aguda em alguns indivíduos, como também efeitos na cor e turbidez, seu nível excede 1 mg/L (GALVÍN, 1996).

O ferro pode estar presente com baixos teores (< 0,3 mg/L) em quase todas as águas e ocorre sob diversas formas químicas e, freqüentemente, aparece associado ao manganês. No corpo humano, o ferro atua na formação da hemoglobina. A sua carência pode causar anemia (SANTOS, 1997). No entanto, segundo Galvín (1996), a ingestão deste metal em elevadas quantidades causa graves distúrbios reversíveis nos tecidos humanos.

É a formação de óxido férrico hidratado que torna águas carregadas de ferro objetiváveis. Este precipitado férrico causa manchas alaranjadas em quaisquer superfícies em que venham a se sedimentar, incluindo roupas, alimentos e utensílios usados na cozinha e aparelhos sanitários (UNEP/WHO, 1996).

O manganês encontra-se, freqüentemente, presente com baixos teores (< 0,2 mg/L) em quase todas as águas naturais (SANTOS, 1997). É um elemento traço essencial, estando envolvido na síntese de proteínas, dinâmica do colesterol e na produção de hemoglobina, além de ser um catalisador

enzimático. Sua deficiência no corpo humano está associada a doenças cardíacas, anemia e má formação óssea em crianças. No entanto, a ingestão habitual de águas ricas em manganês (14 mg/L) causa lesões cerebrais. Com relação ao consumo de água potável, baixos níveis deste metal podem ocasionar o surgimento de bactérias manganosas em sistemas de rede, como também, cor e turbidez. Concentrações deste elemento que excedem a 0,2 mg/L produzem sabor desagradável (GALVÍN, 1996).

Segundo Santos (1997), os teores de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10 mg/L. Em águas meteóricas os teores de potássio estão, geralmente, no intervalo de 0,1 a 4 mg/L. Ainda segundo estes autores, a carência de potássio no organismo humano pode provocar fadiga, baixa de açúcar no sangue e insônia, enquanto que seu excesso pode causar cãimbra, fadiga, paralisia muscular e diarreia.

O sódio é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico. As águas naturais com elevados teores de sódio são prejudiciais às plantas, por reduzir a permeabilidade do solo (SANTOS, 1997). Fisiologicamente, altos níveis de sódio no sangue resultam em problemas cardíacos, como hipertensão, patologias nos rins e no fígado e intoxicação em gestantes e em bebês (GALVÍN, 1996).

O zinco, entre os metais pesados, é o mais solúvel. Sua concentração, em geral, é inferior a 10 µg/L nas águas subterrâneas (Santos, 1997). Pode ser considerado um metal não tóxico, ainda que em doses elevadas. Contudo, aumentos de zinco em águas potáveis são, geralmente, associadas com os efeitos tóxicos do cádmio. Este fato deve alertar às autoridades responsáveis pelo controle da qualidade da água, com relação ao consumo de águas relativamente ricas em zinco e potencialmente em cádmio (GALVÍN, 1997).

### **2.3.3 – Parâmetros bacteriológicos**

Existem vários métodos de detectar o grau de contaminação de uma água. A técnica microbiológica básica consiste na detecção e na contagem de

organismos indicadores. Esta técnica é utilizada no monitoramento da qualidade de água. As bactérias do grupo coliforme podem ser definidas como os principais indicadores da pureza da água para consumo doméstico, industrial, entre outros (ZAMXAKA et al., 2004).

O isolamento de patógenos é inviável, pois eles estão presentes em números relativamente pequenos, comparados com outros gêneros de microorganismos. Além do mais, existem muitos gêneros de patógenos e cada um requer uma técnica específica de isolamento. A metodologia que tem sido adotada consiste em analisar para organismos indicadores que habitam o intestino em expressivas quantidades e que são excretados nas fezes humanas. A presença destes organismos indicadores na água evidencia a contaminação fecal e, portanto, o provável risco de que patógenos estejam presentes. O termo “coliformes totais” inclui coliformes termotolerantes e bactérias de origem fecal, assim como também, algumas bactérias que podem ser isoladas de fontes do meio ambiente. A presença de coliformes totais pode indicar ou não a presença de contaminação fecal. O termo coliforme fecal tem sido utilizado em microbiologia para denotar organismos coliformes que se desenvolvem a 44 ou 44,5 °C e fermentam lactose para produzir ácido e gás. Na prática, alguns organismos que apresentam estas características podem não ser de origem fecal e o termo “coliforme termotolerante” é, portanto, mais correto e é mais comumente empregado (UNEP/WHO, 1996).

#### **2.3.4 - Padrões de potabilidade de água para consumo humano**

A qualidade de água constitui-se de grande importância para a humanidade. O sabor foi a forma mais simples de se reconhecer a adequação da água para consumo. Assim sendo, os antigos sistemas de classificação dividiam as águas naturais como águas doces, águas salobras e águas salgadas. Esta classificação tem sido empregada até o presente. Contudo, estes tipos de águas poderiam variar tremendamente, de acordo com as condições locais. As pessoas que usavam água de rio ( $\cong$  200 mg/L de salinidade) para beber considerariam uma água subterrânea com uma salinidade de 800 mg/L como altamente salobra, enquanto que habitantes dos

desertos poderiam admitir que uma água com salinidade de 1500 mg/L seria satisfatória para consumo. No Sinai do Sul os beduínos, assim como o seu rebanho, sobreviviam com água de poço com uma salinidade em torno de 2000 mg/L. Em 1988 a OMS (Organização Mundial de Saúde) estabeleceu padrões químicos e biológicos para a qualidade de água destinada ao consumo e classificou as águas quanto à potabilidade de acordo com a salinidade, como mostra a Tabela 2.2 (EL-MANHARAWY; HAFEZ, 2003).

Tabela 2.2: Classificação da água quanto à potabilidade de acordo com a salinidade.

| <b>Qualidade da água</b> | <b>STD (mg/L)</b> |
|--------------------------|-------------------|
| Excelente                | < 300             |
| Boa                      | 300 - 600         |
| Regular                  | 600 - 900         |
| Insatisfatória           | 900 - 1200        |
| Inaceitável              | > 1200            |

Fonte: El-Manharawy e Hafez (2003)

Em 1996, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos recomendou um nível de STD de 500 mg/L como seguro, para fins de consumo humano a longo prazo e 1000 mg/L como máximo para consumo humano a curto prazo. Os padrões de qualidade de água estabelecidos por ambos mencionam detalhadamente os limites bacteriológicos e também para substâncias químicas perigosas (FATH et al., 2003). A maior parte da água disponível na terra tem uma salinidade superior a 10.000 mg/L, enquanto que a água salgada normalmente tem uma salinidade entre 35.000-45.000 mg/L na forma de sais dissolvidos.

De acordo com o Art. 16 da Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, a água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 2.3.

A referida Portaria recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L. Além disso, recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água

coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição. Além disso, as amostras de água para consumo humano devem, também, estar isentas de coliformes termotolerantes.

Tabela 2.3: Padrão de aceitação para consumo humano, segundo a Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde.

| Parâmetro                        | Unidade                | VMP <sup>(1)</sup>             |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Alumínio                         | mg/L                   | 0,2                            |
| Amônia (como NH <sub>3</sub> )   | mg/L                   | 1,5                            |
| Cloreto                          | mg/L                   | 250                            |
| Cor aparente                     | UH <sup>(2)</sup>      | 15                             |
| Dureza                           | mgCaCO <sub>3</sub> /L | 500                            |
| Etilbenzeno                      | mg/L                   | 0,2                            |
| Ferro                            | mg/L                   | 0,3                            |
| Manganês                         | mg/L                   | 0,1                            |
| Monoclorbenzeno                  | mg/L                   | 0,12                           |
| Odor                             | -                      | Não objetivável <sup>(3)</sup> |
| Gosto                            | -                      | Não objetivável <sup>(3)</sup> |
| Sódio                            | mg/L                   | 200                            |
| Sólidos totais dissolvidos (STD) | mg/L                   | 1000                           |
| Sulfato                          | mg/L                   | 250                            |
| Sulfeto de hidrogênio            | mg/L                   | 0,05                           |
| Surfactantes                     | mg/L                   | 0,5                            |
| Tolueno                          | mg/L                   | 0,17                           |
| Turbidez                         | UT <sup>(4)</sup>      | 5                              |
| Zinco                            | mg/L                   | 5                              |
| Xileno                           | mg/L                   | 0,3                            |

(1) Valor máximo permitido      (2) Unidade Hazen (mg Pt – Co/L)  
(3) Critério de referência      (4) Unidade de turbidez

## 2.4 – ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### 2.4.1 - Sistemas adutores de abastecimento de água

A bacia do rio São Francisco possui 52% de sua área inserida no “Polígono da Seca” (SUASSUNA, 2000). Possui uma disponibilidade de água de 64,4 bilhões de m<sup>3</sup>/ano, respondendo por 69% da disponibilidade de águas superficiais e por 73% da disponibilidade superficial garantida do Nordeste, face à sua perenidade (MONTENEGRO et al., 2003). Este vital recurso hídrico tem desempenhado o papel de principal fonte de recurso hídrico da região Nordeste, como elemento fornecedor de água, através de sistemas integrados

e sistemas isolados de abastecimento de água. Apesar de ser um manancial notoriamente reconhecido, pela sua boa qualidade, nem sempre, a qualidade de água dos sistemas adutores de fornecimento de água do São Francisco, atendem aos padrões de potabilidade preconizados, como mostra o trabalho de Santos e Daltro Filho (2000). Estes autores realizaram um levantamento exploratório, visando avaliar a qualidade de água de abastecimento fornecida pelo sistema integrado Escurial (Sergipe), as condições de vida, saúde, percepção e postura da população ao recurso da água. Neste trabalho fez-se uso de questionários, que foram aplicados junto à população, às autoridades e órgãos atuantes nos 5 povoados atendidos, além de terem sido efetuadas coletas e análises de água no rio São Francisco e em diversos pontos deste sistema. O referido sistema inicia no povoado Escurial, onde existe a captação, o tratamento, uma unidade de armazenamento e uma estação elevatória. Atende, além do povoado Escurial, aos povoados Carro Quebrado, Lagoas, Catingueira e Areias. Todos estes povoados pertencem ao município sergipano de Nossa Senhora de Lourdes e estão inseridos no semi-árido. Este sistema de responsabilidade da DESO (Companhia de Saneamento de Sergipe) foi projetado para o alcance de 2011, quando se pretende atender a uma população de 4.476 pessoas. De acordo com os resultados apresentados, Santos e Daltro Filho (2000) concluíram:

- (i) Com a chegada do abastecimento de água as comunidades adquiriram a percepção da água como um bem disponível (de consumo) e mesmo de conforto, apesar de sofrimento pela sua falta.
- (ii) Tanto a água do manancial, como a que é distribuída, não atende totalmente aos padrões de potabilidade.
- (iii) O alto grau de pobreza que estava submetida a população da área estudada, representava um risco à sustentabilidade do meio ambiente, pois as famílias não dispunham de recursos, nem conhecimento para evitar a degradação do ambiente onde viviam.
- (iv) As atividades da DESO, através do sistema integrado de Escurial, que abastece os cinco povoados estudados, têm representado um ganho parcial para aquelas comunidades, principalmente no que se refere ao “conforto”. Essa situação é particularmente importante para a população dos povoados mais distantes na busca pela água. Os efeitos positivos daquela infra-estrutura na

saúde da comunidade dependem não só da qualidade da água, mas de múltiplos fatores e demais intervenções como: destino e tratamento dos resíduos sólidos, instalações sanitárias adequadas nos domicílios, boa higiene comunitária e níveis sócio-econômicos e educacionais compatíveis ao bem estar de qualquer comunidade. No mais, pôde-se perceber que o simples fornecimento de água tem representado impacto parcialmente positivo à qualidade de vida da população, apesar das constantes faltas d'água, particularmente, no período de estiagem.

Atualmente, o número de açudes existentes no semi-árido nordestino é superior a 100 mil e a capacidade de armazenamento é de 25 bilhões de metros cúbicos (DUARTE, 2002). No Nordeste do Brasil, que é a principal região, onde as condições áridas e semi-áridas são encontradas, têm sido construídos centenas de reservatórios, a fim de armazenar água para consumo humano e para irrigação. Infelizmente, a maioria destes reservatórios (cerca de 80%) não é conectada aos sistemas de distribuição de água para consumo humano. Além da evidente necessidade de uma quantidade suficiente de água, existem sérios problemas relacionados com a qualidade da água destes reservatórios (VON SPERLING, 1998):

- (i) Eutrofização (florescência de plantas aquáticas, causadas pela descarga de nutrientes).
- (ii) Assoreamento (acúmulo de material inorgânico, tal como areia, silte e argila).
- (iii) Salinização (elevação do teor de sais no corpo d'água, quando a evaporação excede a precipitação).

Segundo Santos et al. (2000), a construção simples de açudes, grandes e pequenos, sem critérios de distribuição nas bacias hidrográficas tem levado ao agravamento do quadro da falta d'água ou mesmo da qualidade de água (salinização).

## 2.4.2 – Obras hídricas de pequeno porte

Como no semi-árido brasileiro, a escassez de água para o consumo humano ainda é um drama social, principalmente durante as secas, a necessidade diária de buscar água para o consumo doméstico obriga, principalmente as mulheres, a longas caminhadas à sua procura. As estimativas apontam que dois terços dos domicílios rurais no Nordeste se encontram nessa situação. Na maioria dos casos, sem ter outra alternativa, utilizam água imprópria ao consumo humano ou esperam dias, e até semanas, pelo abastecimento do carro-pipa, cuja qualidade de água, muitas vezes não atende aos padrões de potabilidade. O esforço despendido para obtenção de água nos períodos de escassez de chuvas é significativo. São cerca de três dias/homem por semana para obtenção de água, segundo estudos da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), sem falar dos problemas causados pelo consumo de água contaminada. A UNICEF (Fundo das Nações Unidas para a Infância), usando dados do Ministério da Saúde do Brasil, alerta para o fato de que a cada quatro crianças que morrem na região, uma deixa a vida acometida por diarreia, conseqüência indesejável do consumo de água imprópria. Os custos diretos e indiretos, financeiros e sociais, desta situação são imensos e se repetem com uma freqüência inaceitável (LIMA et al., 2001).

Em função disto tem-se buscado para o povo nordestino, soluções simples, práticas e economicamente viáveis. Por meio de parcerias, diversas ONGs, instituições eclesiásticas e governamentais têm desenvolvido algumas experiências localizadas e conseguido melhorar as condições de vida da população rural difusa. Um princípio elementar do manejo dos recursos hídricos no semi-árido é a captação no período chuvoso e utilização no período de estiagem imediato (COSTA et al., 2001a).

A realidade econômica e social do homem do campo nordestino exige que as soluções encontradas para a convivência com a seca envolvam tecnologias de baixo custo e de fácil execução. Dentre estas alternativas

empregadas historicamente destacam-se os barreiros, as barragens subterrâneas, os poços tubulares e as cisternas (ABREU, 2001).

Uma considerável quantidade de estudos hidrológicos e obras hidráulicas tem levado, progressivamente, à atenuação dos problemas, decorrentes das condições de semi-aridez. Todavia, como observam Costa et al. (2001a), soluções definitivas estão ainda longe de serem alcançadas e solução única não existe.

Qualquer que seja a solução, ou conjunto de soluções, deve-se ter sempre em mente a busca mais apropriada a cada condição de escassez de água, banindo-se a cultura de soluções aplicadas a regiões úmidas, como tradicionalmente têm-se comportado a pesquisa e a extensão rural do semi-árido (BATISTA, 2001). Um aspecto ressaltado por Mota e Studart (1996) é que na implantação de obras hídricas, devem ser considerados os sistemas já existentes e os impactos que podem causar nos meios abiótico, biótico e antrópico, tendo como unidade de análise a bacia hidrográfica. Assim, além dos impactos localizados, decorrentes de cada empreendimento, devem ser analisados os impactos cumulativos do mesmo sobre a bacia hidrográfica, onde se situará.

As pequenas obras hídricas (barreiros, cisternas, barragens subterrâneas e poços) são estruturas de pequeno porte e de custo construtivo relativamente baixo, construídas com a finalidade de armazenar águas superficiais, subterrâneas ou pluviais, para a sua utilização de alguma forma ou de múltiplas formas (abastecimento de água, dessedentação animal, irrigação, entre outras). Enfoca-se, a seguir, alguns aspectos relacionados a estas estruturas.

#### **2.4.2.1 – Barreiros**

O aproveitamento de água, conhecido regionalmente por barreiro, tanque ou aguada, consiste no acúmulo de águas de superfície, que recolhe a água da chuva ou represa a água de um rio, proporcionado pela construção de um barramento e/ou pela simples escavação do terreno. Sua capacidade de

acumulação varia de poucas centenas, até algumas dezenas de milhares de metros cúbicos. A partir de um acúmulo superior a cerca de 100.000 m<sup>3</sup>, a obra é considerada como um pequeno açude. Trata-se de um aproveitamento de pequeno porte, construído com técnicas simples, custo relativamente baixo e, sobretudo, extremamente variável, conforme o tamanho do barreiro, podendo ser adaptado à disponibilidade de investimento. Por essas razões, o barreiro encontra-se difundido por toda a região semi-árida do Nordeste (OLIVEIRA; LEITE, 1984). No entanto, como observam Araújo et al. (2003), estas estruturas apresentam baixíssima eficiência hidrológica, perdas por evaporação elevadas e qualidade de água incompatível com as mínimas exigências de potabilidade.

No que se refere à utilização da água armazenada, as famílias a utilizam para os mais diversos usos, em função destas estruturas exercerem um papel importante no abastecimento familiar. Apesar da alta turbidez encontrada nestas águas, chegando a valores acima de 600 uT, elas também são destinadas ao consumo familiar. É comum as famílias utilizarem produtos minerais, tais como sulfato de alumínio, gesso, cal, etc., para clarificar a água desses barreiros. Ciente dos riscos que estes produtos podem trazer à saúde humana, quando ingeridos em dosagens excessivas e por períodos prolongados, a ONG CAATINGA vem introduzindo o uso da semente de *moringa oleifera*, para clarificar e tratar a água dos barreiros destinada ao uso familiar (SOUZA, 1999).

Através da observação de alguns poucos barreiros profundos (profundidade superior a 4 m), existentes no município de Ouricuri-PE, confirmou-se na prática que a evaporação era reduzida, à medida em que se aumentava a profundidade. Daí, em 1987, o barreiro-trincheira (Figura 2.2) surgiu, como proposta para armazenamento e fornecimento de água, para consumo humano e dessedentação animal das pequenas propriedades da região de Ouricuri (SOUZA, 1999).



Figura 2.2: Barreiro-trincheira (SOUZA, 1999).

#### 2.4.2.2 – Cisternas

Construir cisternas é uma tradição antiga em regiões áridas ou semi-áridas do “Velho Mundo”, como no Oriente Médio e na Ásia, onde a captação de águas pluviais para o abastecimento humano faz parte do acervo cultural dos povos há milhares de anos (SCHISTEK, 2001).

A cisterna consiste em um reservatório fechado, destinado a armazenar águas pluviais, para consumo humano. É constituída por um tanque de armazenamento, um sistema de filtragem e a área de captação. O tanque de armazenamento é o próprio reservatório, que pode ser semi-enterrado ou totalmente subterrâneo, no caso da área de captação ser no solo (Brito e Porto, 1999). Trata-se de uma tecnologia de solução local e de baixo custo com perspectiva de equacionar a demanda de água para consumo humano e animal, aproveitando o próprio telhado das construções e/ou solo da circunvizinhança como área de captação. Existe, portanto, possibilidade de aproveitamento das superfícies de captação existentes numa propriedade (casas-sede, casas de colono, instalações animais), livre de taxa e sem necessidade de transporte da água por longas distâncias, além do benefício de reduzir a demanda por água tratada (GONDIM, 2001).

Segundo Gnadlinger (1999), a cisterna de placas de cimento é o tipo de cisterna mais utilizado no semi-árido brasileiro. Esse reservatório consiste em placas de concreto (mistura cimento-areia, na proporção de 1:4) de cerca de 50 por 60 cm com 3 cm de espessura, curvadas de acordo com o raio projetado da parede da cisterna, dependendo da capacidade prevista. Há variantes,

onde, por exemplo, as placas de concreto são menores e mais espessas e com um traço de cimento mais magro. A parede da cisterna é levantada com essas placas finas, a partir do chão já cimentado. Para evitar que a parede venha a cair, ela é sustentada com varas até que a argamassa esteja seca. Após isso, um arame de aço galvanizado (nº 12 ou 2,77 mm) é enrolado no lado externo da parede e essa é rebocada. Em seguida, a parede interna e o chão são rebocados e cobertos com nata de cimento forte. O telhado da cisterna também é feito de placas de concreto. Um reboco externo é suficiente para dar firmeza. O espaço vazio em volta da cisterna é aterrado.

A qualidade da água da chuva pode ser alterada durante o processo de transporte e armazenamento. A primeira possibilidade de alteração ocorre durante sua passagem pelo telhado da casa. De fato, o telhado recebe vários tipos de depósitos trazidos pelo vento, como folhas, madeira, papel, além da poeira. É também o lugar de passagem de animais como roedores, aves e insetos. Os resíduos ou dejetos animais são levados pelo escoamento da água de chuva nas telhas, podendo contaminar a água que será armazenada. Uma vez acumulados dentro da cisterna, esses resíduos podem se constituir em fonte de matéria orgânica que pode favorecer o desenvolvimento de patógenos (BERNAT et al., 1993). Outra possível fonte de contaminação ocorre durante a retirada de porções de água da cisterna e manuseio da água para os vários usos. A segunda fonte de contaminação é menos significativa, pois afeta somente uma porção de água, enquanto a primeira pode contaminar toda a água armazenada (contaminação do manancial) (ANDRADE NETO, 2003; 2004). Além disso, a construção de cisternas próximas a fossas e pontos de lançamento de esgotos, a ausência de conservação e de manejo adequados da água, aliados ao uso de tampas inadequadas, problemas de rachaduras e uso de cordas e baldes para retirada de água da cisterna, também podem representar fontes de contaminação da água. Desta forma, vários microorganismos, não só os pertencentes ao grupo coliformes totais e termotolerantes, mas também outras bactérias podem estar presentes na água (AMORIM; PORTO, 2003). Geralmente, indicadores tradicionais, assim como os coliformes totais e termotolerantes, são utilizados para avaliar a qualidade microbiológica das águas de chuva (MEERA; AHAMMED, 2006).

Amorim e Porto (2001) avaliaram a qualidade bacteriológica da água de cisternas da comunidade de Volta do Riacho, localizada no município de Petrolina-PE. Eles enfocaram medidas de proteção da contaminação por agentes patogênicos, associados às doenças veiculadas pela água. Os resultados obtidos indicaram contaminação de origem fecal em todas as cisternas avaliadas e também, a ausência de medidas de prevenção de contaminação, principalmente o uso da desinfecção da água pelo cloro.

O dispositivo destinado a desviar automaticamente as primeiras águas de chuva, apresentado no trabalho de Andrade Neto (2003; 2004), consiste num pequeno tanque, localizado na cobertura da cisterna, para o qual são desviadas automaticamente as primeiras águas de cada chuva, utilizando-se um “T” (intercalado na tubulação de entrada da cisterna), que deriva para este pequeno tanque as águas de lavagem da superfície de captação. Como o tanque de desvio permanece todo fechado, quando o telhado está lavado, ele enche e, só então, é que a água de melhor qualidade vai para a cisterna. O fecho hídrico dispensa bóias ou outros artifícios. Após a chuva e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado, por meio de uma tubulação de descarga, que novamente fechada deixa o dispositivo pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva. O tanque de desvio é pequeno e, portanto, perde-se muito pouco da água que, aliás, pode ser empregada em usos menos exigentes e ganha-se muito em qualidade.

Além de apresentar um dispositivo destinado a desviar automaticamente as primeiras águas de chuva, Andrade Neto (2003; 2004) analisa vários aspectos da qualidade da água e da proteção sanitária de cisternas rurais, a fim de evitar a contaminação da água da cisterna, com a sujeira acumulada na superfície de captação e propõe as seguintes medidas:

(i) Deve haver um dispositivo para desviar automaticamente as primeiras águas de chuva. Em alguns casos, quando a água é utilizada para outros fins, que não abastecimento humano, podem ser utilizadas grades ou peneiras autolimpantes, que não desperdiçam água e removem as sujeiras da linha de fluxo, mas são relativamente caras e requerem manutenção. Também podem

ser usados filtros de areia externos ou internos (na própria cisterna), que quando dimensionados adequadamente, podem reter impurezas e microorganismos de maior dimensão, melhorando a qualidade da água coletada.

(ii) Não se deve ter contato direto com a água na cisterna; a água deve ser retirada preferencialmente por meio de tubulação (tomada direta, se a cisterna for apoiada no solo, ou por bomba, se for enterrada). Quando necessária (obrigatória em cisternas públicas enterradas), a bomba pode ser simples como as bombas de êmbolo ou com bola de gude. Contudo, em alguns casos pode ser requerido um sistema motor-bomba mais eficiente. Em cisternas familiares, o uso de bomba pode ser dispensado, se forem tomados cuidados higiênicos severos na retirada da água.

(iii) As cisternas enterradas devem ser impermeabilizadas para evitar infiltrações de águas contaminadas, sempre que houver risco.

(iv) A cisterna deve ser provida de extravasor e ventilação, a fim de garantir a reoxigenação da água, mas sem propiciar o acesso de insetos ou de luz abundante (prejudica a qualidade da água, pois favorece a proliferação de algas, tornando a água imprópria para consumo).

(v) Deve haver uma tela de náilon ou arame em todas as saídas, a fim de evitar o acesso de insetos e pequenos animais, mas na calha e na tubulação de entrada da água na cisterna não deve haver tela ou outra coisa que possa reter a sujeira na linha de fluxo.

Mesmo adotados todos os procedimentos pertinentes, é prudente tratar a água da cisterna antes de usá-la, principalmente nos casos em que não se tem a garantia de que a cisterna é abastecida apenas por água de chuva, ou que não se tenha a garantia da potabilidade da água de carros-pipa (AMORIM; PORTO, 2003). Existem muitas formas de tratamento das águas das cisternas. Os mais comuns são: cloração, fervura, filtração e exposição aos raios ultravioleta do sol. A cloração é o tratamento mais apropriado para águas pluviais, quando se suspeita de contaminação, devido a água apresentar coloração ou odor desagradável (GOULD, 1999).

### 2.4.2.3 – Barragens subterrâneas

Este tipo de obra se caracteriza por um barramento artificial do fluxo de água subterrânea, construído comumente encaixado no leito de riachos, com o fim de manter elevado o nível freático, aumentar o armazenamento de água e estabelecer condições favoráveis de captação a montante. Tais características evitam que os recursos hídricos do aquífero aluvial continuem a escoar, até que se esgotem, com o fim do período de chuvas, fato, comumente, verificado nas regiões semi-áridas (COSTA et al., 2001a). As barragens subterrâneas são menos susceptíveis à evaporação e contaminação da água do que reservatórios superficiais (açude), como mostram Puerari e Castro (2001).

Uma pesquisa para locação de uma barragem subterrânea deve levar em conta diversos aspectos fundamentais, entre eles (COSTA, 2001): se a água do rio já possui elevado teor de sais, não se deve construir uma barragem subterrânea, pois a tendência natural será aumentar a sua concentração salina, tornando-a imprestável ao consumo humano.

Dentre os vários modelos de barragem subterrânea, segundo Abreu (2001) os mais conhecidos são:

(i) Modelo CPATSA (Figura 2.3): padrão desenvolvido por pesquisadores do CPATSA/EMBRAPA em Petrolina-PE, no início dos anos 80, constando essencialmente de:

- Uma escavação em arco
- Uma parede elevada (cerca de 1 m de altura) a jusante da escavação
- Impermeabilização da parede elevada e da escavação
- Um sangradouro em cimento e alvenaria ou em concreto
- Uma cisterna coberta com telhado a jusante da barragem
- Um filtro de areia e carvão, na escavação
- Uma tubulação para condução da água da barragem, através do filtro, até a cisterna a jusante

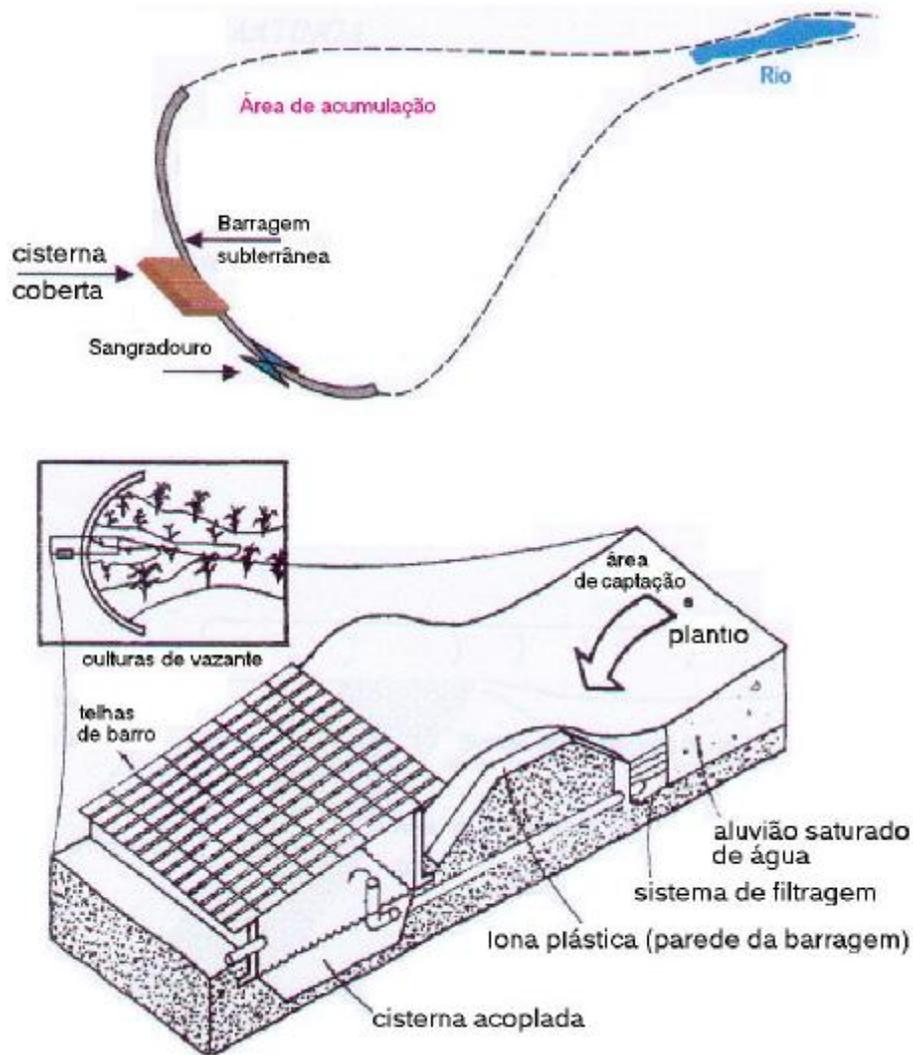


Figura 2.3: Barragem subterrânea modelo CPATSA (ABREU, 2001).

(ii) Modelo CAATINGA (Figura 2.4): modelo desenvolvido pela ONG CAATINGA e consta basicamente de:

- Escavação de uma trincheira linear, em geral, de modo manual
- Preenchimento da trincheira com o mesmo material retirado, submetido a uma compactação manual ou feita por animais
- Enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, sobre a barragem

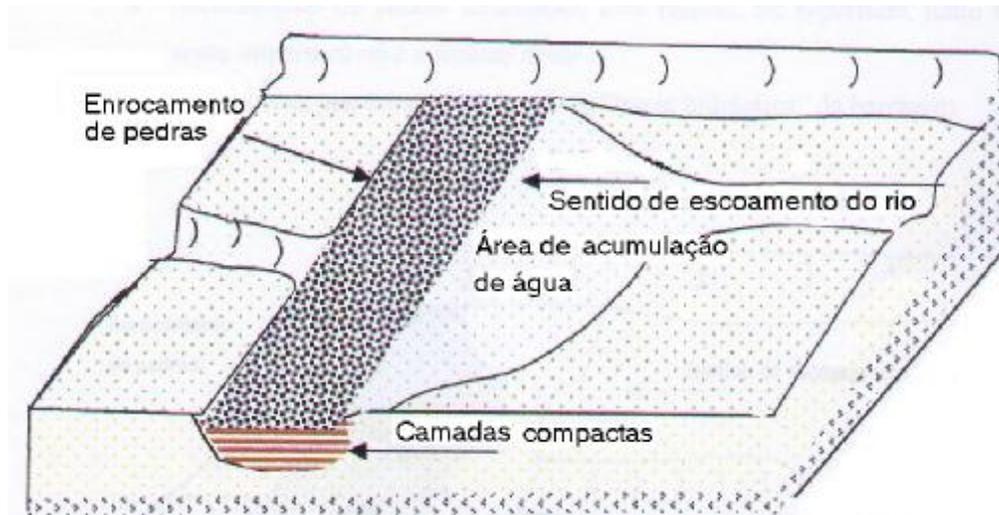


Figura 2.4: Barragem subterrânea modelo CAATINGA (ABREU, 2001).

(iii) Modelo Costa e Melo (Figura 2.5): desenvolvida pelos pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Waldir D. Costa e Pedro G. de Melo, no início da década de 80, tendo sido posteriormente modificado, ampliado e adequado às condições locais pelo primeiro dos pesquisadores. Consta de:

- Escavação de uma trincheira retilínea perpendicular à direção de escoamento do riacho.
- Septo impermeável ao longo da trincheira.
- Um ou mais poços amazonas, sendo um necessariamente colocado junto do septo impermeável e a montante deste.
- Enrocamento de pedras arrumadas, sem rejunte, na superfície, junto ao septo impermeável e a jusante deste.
- Um ou mais piezômetros ao longo da bacia hidráulica da barragem.

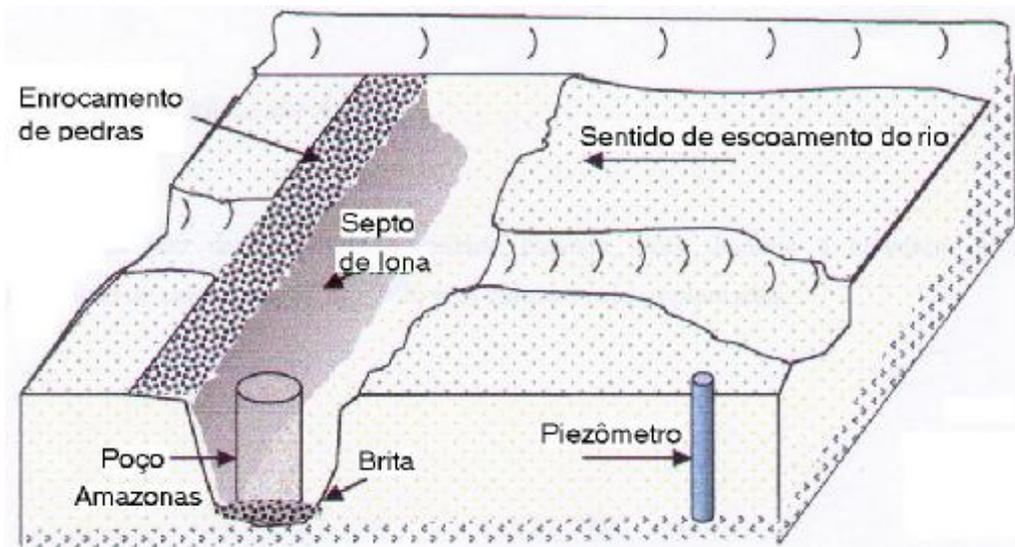


Figura 2.5: Barragem subterrânea modelo Modelo Costa e Melo (ABREU, 2001).

#### 2.4.2.4 – Poços

A utilização da água subterrânea no Brasil vem crescendo de maneira significativa, provavelmente com taxas superiores à da própria economia como um todo. Entretanto, pode-se afirmar que a mesma ainda não atingiu um nível de divulgação adequado e continua sendo um recurso natural completamente desconhecido e marginal ao planejamento econômico do País. Ocorrem atualmente demandas localizadas e sazonais, ora movidas pela tragédia das secas nas regiões semi-áridas e ora por efeitos artificiais dos interesses eleitoreiros (RIBEIRO, 2001). Silans (2002) informa que os poços constituem, junto com a pequena açudagem, a solução mais difundida para o abastecimento de água difuso no semi-árido.

A captação da água subterrânea dá-se pelo bombeamento da água de poços. O tipo de poço a ser construído depende da finalidade a que se destina e da vazão que se espera retirar. Os poços podem ser classificados por sua profundidade, diâmetro, material de construção, tipo de aquífero, entre outros. As cacimbas (Figura 2.6) são um dos tipos mais conhecidos de poços. Este tipo de poço é usado para captação de aquíferos livres, freáticos e de aluvião, de domínio poroso. Não são profundos e possuem grande diâmetro (maior que 2 m) e as vazões de exploração são baixas. O material de revestimento pode

ser de manilhas de concreto, ladrilho, tijolos, cimento ou pedras. As bombas empregadas para retirada de água são de baixa potência, muitas vezes, em poços com menos de 10 m de profundidade, empregam-se compressores (FREITAS, 1997).

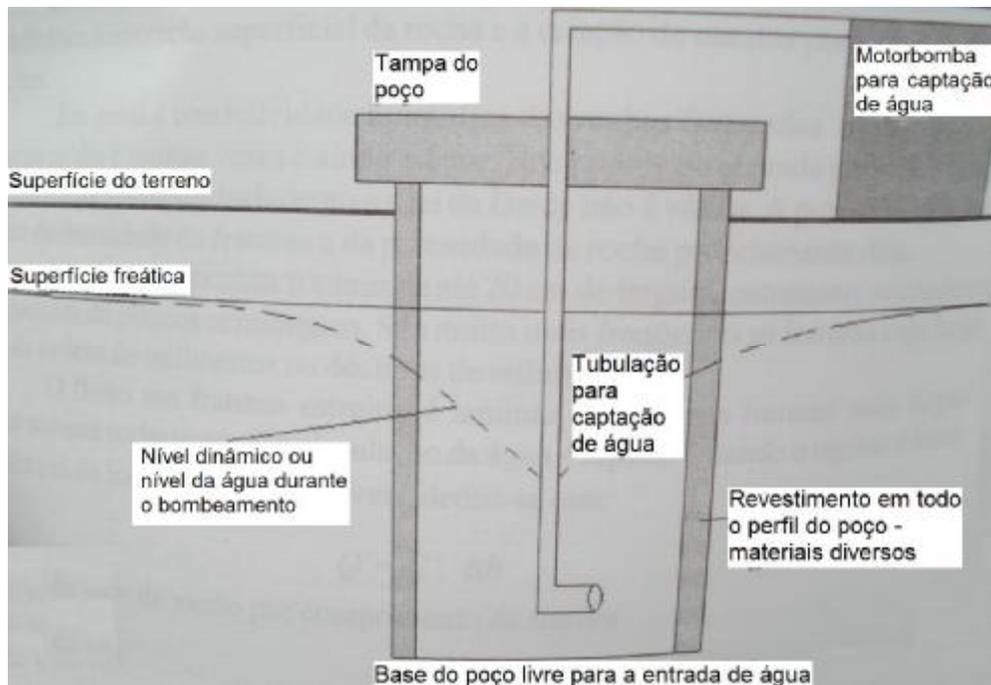


Figura 2.6: Perfil esquemático de uma cacimba (FREITAS, 1997).

Os poços tubulares (Figura 2.7), usualmente chamados poços artesianos, possuem diâmetro menor que as cacimbas e sua profundidade varia de dezenas a centenas de metros. São revestidos por tubos de PVC geomecânico ou aço galvanizado, intercalados com filtros, que nada mais são do que os revestimentos dotados de ranhuras ou espaços vazios para permitir a entrada de água. Estes poços atingem todo o tipo de aquífero empregam bombas submersas para a exploração da água (FREITAS, 1997).

Há ainda os poços de monitoramento e amostragem (Figura 2.8). Estes poços são utilizados no monitoramento da qualidade da água subterrânea em um determinado local. São, em geral, construídos próximos a aterros sanitários, lixões, estações de tratamento de esgoto e outras instalações que podem vir a contaminar a água subterrânea, principalmente o lençol freático (FREITAS, 1997).

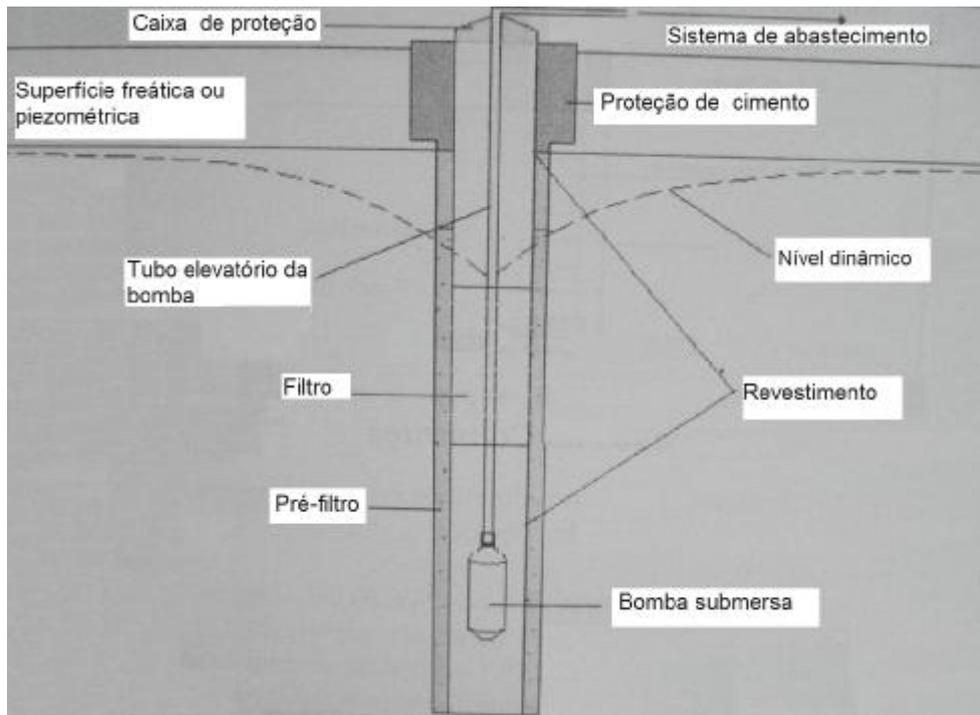


Figura 2.7: Perfil esquemático de um poço tubular profundo (FREITAS, 1997).

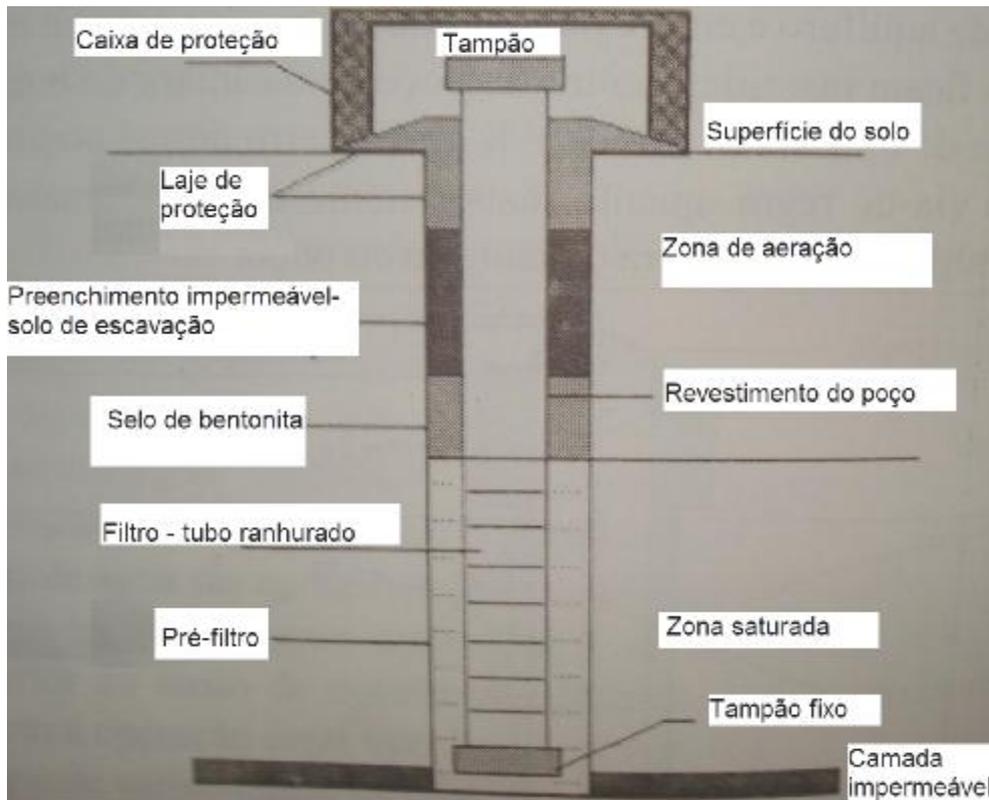


Figura 2.8: Perfil esquemático de um poço de monitoramento e amostragem (FREITAS, 1997).

Os materiais visualizados, anteriormente, nas Figuras 2.7 e 2.8 são imprescindíveis na construção de poços de qualidade. Nenhum deles deve ser suprimido. O revestimento interno consiste de tubos de PVC da linha geomecânica (resistente à tração provocada pelo bombeamento) ou de aço galvanizado. Tem a função de revestir as paredes do poço. Os tubos de PVC só podem ser empregados em poços de no máximo 250 m de profundidade. No entanto, em poços com menor profundidade, deve-se sempre optar por revestimento e filtros deste material, uma vez que é praticamente inerte à maioria das substâncias e não é susceptível à corrosão química. O filtro possui a propriedade de permitir a entrada de água do aquífero para dentro do poço e de impedir a penetração de alguma impureza. Existem vários tipos de filtros, porém, o mais comum é o do tipo ranhurado. O pré-filtro consiste de areia lavada de grãos de quartzo ou pedriscos de quartzo, inertes e resistentes. O pré-filtro ocupa o espaço anular entre o filtro e a parede de perfuração. A granulometria do pré-filtro é função da granulometria do aquífero. O pré-filtro tem a função de estabilizar areias muito finas e bem selecionadas, e permitir maior percentual de área aberta das ranhuras do filtro. A proteção sanitária tem a função de evitar que a água superficial contamine o poço, através da infiltração pelo espaço anular. É formada pelo selo sanitário e pela caixa de proteção. O selo sanitário consiste de uma argamassa de cimento na extremidade superior do espaço anular. A laje de proteção é um piso de cimento ao redor da boca do poço, construído com um pequeno declive (FREITAS, 1997).

A primeira fase na construção de um poço é a execução de um projeto do poço. Neste projeto define-se a vazão pretendida para o sistema. Devem constar um estudo que contenha informações sobre a geologia local, planta topográfica em escala adequada, com localização e cadastro de obras e de poços existentes, a existência de outros poços abrangidos pelo mesmo aquífero, o método de locação, o perfil estratigráfico previsto, método de perfuração, entre outras informações. A obra propriamente dita inicia-se com a perfuração inicial para a colocação do tubo de proteção sanitária. Pode-se, ou não executar, executar um furo guia, para obtenção de dados preliminares das características rochas em subsuperfície. Existem, basicamente, dois tipos de

sonda utilizados para a perfuração de poços: rotativa e à percussão. A rotativa é empregada em terrenos cujas rochas possuem grande resistência. A perfuração à percussão baseia-se na perfuração, mediante o movimento alternativo (para cima e para baixo) de uma pesada massa, que em sua queda, fratura e desagrega a rocha, desprendendo fragmentos de variados tamanhos, que são extraídos por meio de uma válvula de limpeza (FREITAS, 1997).

A forma de construção do poço é fundamental para garantir a qualidade da água captada e maximizar a eficiência da operação do poço e a exploração do aquífero. Essa questão encontra-se regulamentada, através de duas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicadas em 1990. O projeto de poço para captação de água subterrânea é regulamentado pela norma NBR-12.212 de 1992, que prevê a elaboração de especificações técnicas de construção, planilha orçamentária e croquis construtivos. O projeto executivo deve seguir as normas técnicas para construção de poços, apresentada na NBR-12.244 de 1990 (ANA, 2005).

Entre os principais fatores construtivos dos poços tubulares, que podem representar risco de contaminação das águas subterrâneas estão (ANA, 2005):

- (i) Não isolar as camadas indesejáveis durante a perfuração como, por exemplo, a parte de rochas alteradas mais superficiais, que são mais vulneráveis à contaminação.
- (ii) Ausência de laje de proteção sanitária e altura inadequada da boca do poço.
- (iii) Proximidade com pontos potencialmente contaminantes da água, tais como fossas, lixões, entre outros.
- (iv) Não desinfetar o poço após a construção.
- (v) Não cimentação do espaço anelar entre o furo e o poço, que facilita a entrada de águas superficiais.

A resolução nº 15 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 2001, considera que poços abandonados e desativados devem ser adequadamente lacrados, a fim de que não se tornem possíveis fontes de contaminação para o aquífero (ANA, 2005).

A vida útil de um poço depende, tanto da metodologia adequada de construção, como também, da manutenção posterior. A manutenção consiste de operações necessárias ao bom funcionamento do poço e é de suma importância para se prevenir problemas futuros que podem, quando não sanados a tempo, inutilizar o poço. Os problemas mais comuns em poços são (FREITAS, 1997):

- (i) Obstrução das seções filtrantes: pode indicar incrustação (águas incrustantes) ou deposição de argila, silte ou areia fina nos filtros, ou ainda, pode ser decorrente de mau desenvolvimento do poço.
- (ii) Produção de areia: geralmente, é resultado do rompimento de algumas seções de filtro ou do próprio revestimento.
- (iii) Deterioração da estrutura do poço (aço inoxidável): reflete-se, em geral, pela alteração da cor da água e presença de partículas em suspensão. Também pode ser reflexo de ação bacteriana (bactérias do ferro).
- (iv) Defeitos de equipamento de bombeamento: a temperatura do motor, a tensão dos tubos e o comportamento da parte elétrica refletem este tipo de problema.
- (v) Incrustação: a queda da vazão específica indica este problema
- (vi) Modificações nas características físico-químicas da água: podem ser reflexo da corrosão do revestimento, da construção de algum tipo de instalação, que altere a qualidade da água subterrânea, tais como lixões, aterros ou fossas nas cercanias do local.
- (vii) Atividade bacteriana: também pode refletir instalações com potencial de contaminação. Ainda estão relacionadas a bactérias do ferro, que são nativas da água e atuam na corrosão de revestimentos e filtros de aço galvanizado. Estas bactérias também geram material que se deposita nas ranhuras dos filtros.
- (viii) Queda da vazão de produção: praticamente todos os fatores supracitados contribuem para a queda da vazão.

A fim de evitar estes e outros problemas, deve-se proceder com a manutenção preventiva. Um programa de manutenção preventiva requer estreita articulação com atividades de operação (FREITAS, 1997).

No semi-árido, considerando a grande extensão aflorante das rochas cristalinas, a maioria dos poços é perfurada, inevitavelmente, nessas rochas. A fraca vocação hidrogeológica, influenciada pela deficiente circulação de água ao longo das fraturas, aliada ainda, ao desconhecimento de seu subsolo e da hidráulica nas zonas fraturadas/fissuradas, tem acarretado inúmeros insucessos (MOTA; STUDART, 1996). Abreu (2001) relata que, só no semi-árido pernambucano, em 1998, foram perfurados 206 poços em rocha cristalina. Destes, 87 resultaram secos e/ou com teor de sais dissolvidos muito elevados (resíduo seco > 7.000 mg/L), o que inviabilizou a instalação dos mesmos.

## **2.4 – ALGUMAS ALTERNATIVAS DE MELHORIA DA QUALIDADE DE ÁGUA**

### **2.4.1 – Dessalinização**

A dessalinização consiste em uma tecnologia empregada, que possibilita a separação de sais de águas salobras e águas salinas, tornando-as potáveis. Este processo vem se expandindo rapidamente, principalmente em áreas áridas, semi-áridas e remotas, onde se verifica escassez hídrica ou os custos para adução até estas regiões são elevados.

Arabi e Zurigat (2005) salientam que a escassez hídrica não é a única causa da crescente aplicação da tecnologia da dessalinização. Em diversas partes do mundo o aumento da poluição de rios, lagos e, em alguns casos, da água subterrânea, tem reduzido significativamente a qualidade das fontes de água doce disponíveis. Por exemplo, nos Países Baixos, os quais possuem abundância em água doce, as águas dos seus rios tornaram-se poluídas com resíduos de sais provenientes da mineração. Isso levou à fundação, em 1999, da maior usina de dessalinização com a tecnologia de membrana do mundo na época, com 2000 m<sup>3</sup>/h.

Diariamente, são produzidos cerca de 25 milhões de metros cúbicos da demanda hídrica do mundo, em usinas de dessalinização. Estas "fábricas de água" têm uma capacidade que pode alcançar até 230.000 m<sup>3</sup>/dia e podem

abastecer grandes cidades com água potável (KOSCHIKOWSKI et al., 2003). Kahraman et al. (2004) mencionam que a maior parte das usinas de dessalinização está no Oriente Médio, com quase 50% da capacidade mundial. A Arábia Saudita é o maior usuário da tecnologia de dessalinização, com 24% da capacidade mundial e os Estados Unidos são o segundo maior, com 16%.

Os processos de dessalinização podem ser classificados em processos térmicos, que implicam em mudança de fase e processos que utilizam membrana de filtração, conforme a Tabela 2.4 (SILANS, 2002).

Tabela 2.4: Tipos de dessalinizadores.

| Processo               | Tipo de dessalinizador  |
|------------------------|---|
| Térmico                | (i) Criogênico<br>(ii) Simples efeito (destilação por energia solar)<br>(iii) Múltiplo efeito<br>(iv) Destilação instantânea<br>(v) Compressão de vapor |
| Membranas de filtração | (i) Eletrodialise<br>(ii) Osmose inversa ou reversa   |

Fonte: Silans (2002)

A tecnologia que utiliza processos térmicos, envolvendo a mudança de estado físico, está perdendo mercado para as membranas seletivas devido, basicamente, à escala de produção e à evolução da tecnologia. Para se ter uma idéia, em 1991, uma instalação de osmose reversa em Santa Bárbara (EUA), com capacidade instalada de cerca de 22 mil m<sup>3</sup>/dia, produzia água a um custo de US\$ 2,1/m<sup>3</sup>. Atualmente, uma unidade em Singapura de 142 mil m<sup>3</sup>/dia produz água a um custo de US\$ 0,43/m<sup>3</sup> (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2004).

A osmose é um fenômeno natural de caráter físico-químico, identificado há mais de 200 anos. Nela, quando duas soluções, com diferentes concentrações, são separadas em um mesmo recipiente por uma membrana semi-permeável, ocorre espontaneamente a passagem da solução de menor concentração no sentido da solução menos diluída, até que se estabeleça um equilíbrio, como mostra a Figura 2.9(a). O fluxo ocorre porque a solução menos diluída encontra-se em um estado de maior energia. Neste ponto de equilíbrio, a coluna de solução menos concentrada estará, relativamente, abaixo da

coluna do lado da solução mais diluída. A esta diferença de altura entre as colunas das soluções, dá-se o nome de pressão osmótica. Por outro lado, a osmose inversa é um processo induzido, obtido por intermédio da aplicação mecânica de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução mais concentrada, fazendo com que ocorra um fluxo no sentido da solução de menor concentração salina, como é visto na Figura 2.9(b). Este princípio físico é utilizado na concepção de operação dos dessalinizadores, nos quais são utilizadas membranas sintéticas (CRAVO, 1999).

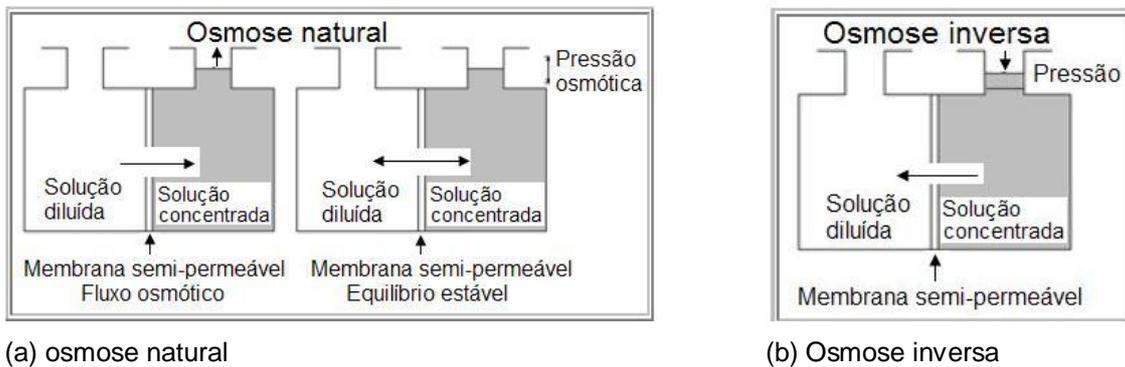


Figura 2.9: Processos de osmose (CRAVO,1999).

A vantagem da osmose inversa é o baixo custo da água produzida, que pode ser entorno de 0,50-0,70 US\$/m<sup>3</sup>, comparado a 1,0-1,4 US\$/m<sup>3</sup> com o processo de destilação com múltiplo efeito e com a destilação instantânea com múltiplos efeitos, dependendo dos custos com energia. O consumo de energia do processo de osmose inversa é baixo, comparado com os processos de destilação, embora os custos com bombas sejam ainda consideráveis. A qualidade do permeado é muito boa, com concentrações totais de sólidos dissolvidos entre 100 e 500 mg/L. Podem ocorrer poluições com pequenas moléculas orgânicas (ex: dióxido de carbono), o que pode ser evitado através de aeração. A desvantagem da osmose inversa é a sua susceptibilidade de suas membranas ao “fouling”, por exemplo, sólidos suspensos, e aos danos causados por compostos oxidados, tais como o cloro ou óxidos de cloro. Geralmente, um pré-tratamento é necessário para garantir o desempenho estável do módulo. A otimização do pré-tratamento é um dos aspectos mais críticos da osmose inversa. O “scaling” de, por exemplo, CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub> e BaSO<sub>4</sub>, é um outro possível problema, dependendo da taxa de recuperação da

produção do permeado e da alimentação. Numa recuperação de 50%, o “scaling” pode ser efetivamente evitado pela adição de produtos anti-incrustações à água. O aumento da recuperação tem um impacto negativo no scaling da membrana (BRUGGEN; VANDERCASTEELE, 2002).

Os processos de separação com membrana têm demonstrado um grande potencial para o tratamento de água e de esgoto, por atender em todo o mundo, aos padrões restritivos, relacionados à qualidade de água potável e a padrões de lançamento de esgotos. Microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa têm sido usados cada vez mais, para o tratamento de água e de esgoto, para remover sólidos suspensos e reduzir o teor de matéria orgânica e inorgânica (DING et al., 2005).

No semi-árido brasileiro, de acordo com Duarte (2002), cerca de 80% dos poços existentes se encontram em áreas de cristalino e cerca de 60% desses poços contêm água salobra, contendo, em média, entre 3,0 e 4,0 g/L de sal. Frente a este problema, a partir dos anos 90, diversos programas federais e estaduais incentivaram a utilização de dessalinizadores da água na proximidade dos poços.

O processo de osmose reversa ou inversa, segundo Porto et al. (2000), é o método predominantemente usado na dessalinização de água salobra no Nordeste. Amorim et al. (2000) informam que o princípio operacional desta técnica de dessalinização foi desenvolvido no final da década de 60 e suas aplicações foram iniciadas em meados de 1970. Através de programas federais e estaduais, realizados a partir da década de 90, ocorreu considerável disseminação dos dessalinizadores no semi-árido nordestino (Duarte, 2002). No Anexo A são apresentadas informações sobre o funcionamento e os componentes de um dessalinizador (modelo AP 1000/4000, utilizado para abastecimento de água da comunidade de Minuim, no município de Santa Brígida-BA), que utiliza a tecnologia de osmose reversa.

Os efluentes gerados (rejeito) pelo processo de dessalinização ameaçam o meio ambiente da região, pois são águas com elevados teores de sais, e cujo método atual de disposição, geralmente, é o uso de um corpo

receptor ou simplesmente o despejo indiscriminado no solo, contribuindo para contaminar mananciais, solo e até a fauna e flora (AMORIM et al., 2000). A depender do equipamento de dessalinização usado e da qualidade da água do poço, a quantidade de rejeito gerado é da ordem de 30% a 70% do total de água que passa pelo equipamento (PORTO et al., 2000). Apesar do significativo impacto ambiental causado pela instalação de dessalinizadores, as águas salobras podem e devem ser aproveitadas, como alternativa de suprimento de água potável, nas regiões de escassez (AMORIM et al., 2000).

Segundo Einav e Lokiec (2003), embora os processos de dessalinização contribuam benéficamente para a humanidade, assim como para a preservação da natureza, concomitantemente, eles podem causar danos ambientais. Contudo, isto pode ser minimizado, através de um planejamento adequado.

O devido tratamento do rejeito da dessalinização vem preocupando e instigando os cientistas, que propõem soluções, tais como criação de crustáceos ou plantas capazes de se desenvolverem em um meio salino. O concentrado de unidades próximas à costa do mar, normalmente, é simplesmente lançado ao mar, não causando, com isso, grandes impactos ambientais. Entretanto, o maior problema se encontra em unidades de dessalinização de águas salobras instaladas no interior do continente, onde o concentrado chega a possuir uma concentração até 10 vezes a da água bruta original. Este concentrado é, muitas vezes, despejado novamente no poço de origem, salinizando-o ainda mais. Em outras ocasiões, o concentrado é lançado sobre o solo o que, em pouco tempo, pode esterilizá-lo (RIFFEL, 2005).

Amorim et al. (2000) observaram que a redução do volume de efluentes (resultantes do processo de dessalinização) e a sua transformação em um produto sólido, através do emprego de evaporação solar, facilitava seu manuseio, evitava seu contato com o solo e os sais obtidos pela cristalização, indicaram possível utilização, tanto para o setor humano e animal, como no industrial.

Porto et al. (2001) cultivaram durante 1 ano, nos campos da Estação Experimental da Embrapa (Empresa Brasileira de Agropecuária) a *Atriplex nummularia*. Estas plantas foram irrigadas com rejeito proveniente do processo de dessalinização, com concentração salina média de 11,38 dS/m. Cada uma das plantas recebeu 75 L de água por semana, durante 48 semanas. A salinidade média do perfil do solo, da camada de 0 a 90 cm, era de 0,64 dS/m, antes de se iniciar a irrigação das plantas. Após a colheita das plantas, a salinidade do mesmo perfil de solo, foi de 12,74 dS/m, enquanto a produtividade da atriplex foi de 6.537 kg/ha de matéria seca, com teor de proteína bruta de 18,40% nas folhas. A atriplex apresentou grande potencial de extração de sais do perfil de solo. No entanto, quando irrigadas com rejeito de alta concentração salina, a quantidade de sais extraída, foi da ordem de 3,93% do total de sais adicionados ao solo pelas irrigações. Segundo os pesquisadores, isto implica no fato de que, para um manejo de água sustentável, há a necessidade de se gerar mais informações sobre as relações de solo e água para a atriplex, nas condições das zonas áridas do Brasil.

Segundo Montenegro et al. (2001), os rejeitos do dessalinizador, instalado pelo DNOCS, implantado em área de solo salino (com condutividade elétrica média de 6,03 dS/m, em maio de 1999) em uma unidade piloto, situada no povoado de Morro Vermelho (Poço Redondo-SE) vinham sendo utilizados para cultivo de halófitas (*Atriplex nummularia*). O experimento fazia parte do âmbito de atividades do programa Xingó. Segundo o relato de Montenegro et al. (2001), a cultura apresentou bom desenvolvimento, crescendo de 15 cm de altura até 170 cm (média), em um período de 19 meses. Segundo Montenegro et al. (2003), existia também, no referido povoado, uma barragem subterrânea. Desde que foi implantada, a salinidade da água desta barragem sempre se mostrou elevada (com condutividade elétrica entre 32 e 37 dS/m). A salinidade era, porém, adequada ao uso pretendido para a água da barragem, que era o de complementação da água do rejeito do dessalinizador, usada no cultivo da atriplex e nos viveiros de criação do camarão marinho e tilápia.

Furtado e Mota (2003) realizaram um trabalho em Caucaia-CE, com o objetivo de estudar os impactos do uso de rejeitos de um dessalinizador na

irrigação da *Atriplex nummularia* Lindl. (erva-sal), sobre a planta e o solo. O dessalinizador utilizado na pesquisa era abastecido por 2 poços com salinidade entre 1.500 e 3.500 mg/L de STD. Os poços, dotados de bombas, se alternavam na alimentação do dessalinizador. O modelo de dessalinizador empregado foi o PS-14, com uma bomba de alta pressão, 2 filtros de cartucho de 5 micrômetros, 1 vaso de pressão (permeador), com uma membrana de 100 mm de diâmetro e com 1 m de comprimento. Foi empregado um delineamento experimental totalmente casualizado, com 4 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos definidos foram:

- (i) T1 - terreno natural, irrigado com o rejeito do dessalinizador
- (ii) T2 – terreno com adubo orgânico, irrigado com o rejeito do dessalinizador
- (iii) T3 – terreno natural, irrigado com água de cacimba
- (iv) T4 – terreno com adubo orgânico, irrigado com água de cacimba

O rejeito apresentou condutividade elétrica de 5660  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e a água da cacimba, uma condutividade elétrica de 1032  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . As plantas foram irrigadas com 10 litros de água por dia, durante 7 meses. Verificou-se que a produtividade no tratamento irrigado com rejeito do dessalinizador, foi superior à obtida nos demais tratamentos, com valor de 25.000 kg/ha de matéria fresca. De acordo com os resultados, a atriplex mostrou ser capaz de extrair do solo o sódio presente no rejeito do dessalinizador. Os teores de sódio e potássio, encontrados no tecido da planta, foram elevados, evidenciando sua eficiência em retirar sais do solo.

A Organização Pan-Americana da Saúde (OPS) promoveu em 1982, um programa para incrementar na América Latina, em comunidades não assistidas pelo abastecimento público de água, o desenvolvimento de equipamentos que viabilizassem a implantação de unidades geradoras de cloro, no mesmo local de utilização. Para tanto foi implementada a técnica Mixed Oxidant Gases Generated On site for Disinfection (MOGGOD). Esta técnica baseia-se na eletrólise de uma solução de cloreto de sódio, produzindo *in loco*, misturas de gases oxidantes para a desinfecção de águas (MATOS et al., 2006). As vantagens dessa técnica são vistas pelo baixo custo e facilidade de obtenção da matéria prima (cloreto de sódio), tornando-se ideal para atender pequenas comunidades. Ressaltam-se as vantagens em relação à tecnologia

convencional, que requer o uso de produtos à base de cloro, os quais, embora eficientes, apresentam desvantagens, em face das dificuldades no transporte, armazenamento, acondicionamento, manuseio, dosagem, além dos perigos de toxidez, corrosividade e agressividade ambiental (BOLLMANN, 1995 *apud* MATOS et al., 2006). A técnica MOGGOD sofreu alterações, e como inovação tecnológica, foi desenvolvido um novo sistema que produz uma solução de misturas oxidantes com a mesma eficiência dos gases oxidantes. A solução obtida (produto da reação eletrolítica do sal) contém, principalmente, hipoclorito de sódio, além do cloro livre e outros oxidantes. Essa tecnologia é mais vantajosa, visto ser mais conveniente trabalhar com misturas de soluções oxidantes do que com misturas de gases oxidantes (REIFF; WITT, 1995).

Mota et al. (2005) e Matos et al. (2006) realizaram estudos sobre o aproveitamento dos rejeitos de dessalinizadores de duas formas: 1) na irrigação da *Atriplex nummularia* Lindl. (erva-sal) e 2) na produção, pelo processo de eletrólise, de solução oxidante para desinfecção de água. A Tabela 2.5 apresenta as características do rejeito utilizado na irrigação da atriplex. Na preparação da solução oxidante para desinfecção de água, pelo processo de eletrólise, os autores utilizaram 3 rejeitos, coletados nos municípios de Caucaia (rejeito 1), Chorozinho (rejeito 2) e Ocara (rejeito 3), que apresentaram os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, mostrados na Tabela 2.6.

Tabela 2.5: Parâmetros físico-químicos do rejeito utilizado na irrigação de atriplex.

| Parâmetro                                       |  | Resultado |
|---|--|-----------|
| Turbidez (uT)                                   |  | 1,20      |
| Cor aparente (uH)                               |  | 2,5       |
| Odor  |  | Inodoro   |
| pH  |  | 7,2       |
| Alcalinidade                                    | Hidróxidos (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 0         |
|   | Carbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 0         |
|   | Bicarbonatos (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | 200       |
| Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)                |  | 1080      |
| Cálcio (mg CaCO <sub>3</sub> /L)                |  | 162,4     |
| Magnésio (mg MgCO <sub>3</sub> /L)              |  | 186,0     |
| Condutividade elétrica (μS/cm)                  |  | 5.660     |
| Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)                 |  | 1.340     |
| Cloro residual (mg/L)                           |  | Ausência  |
| Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L)    |  | 8,27      |
| Ferro (mg Fe/L)                                 |  | 0,06      |
| O <sub>2</sub> Consumido (mg O <sub>2</sub> /L) |  | 5,1       |
| Sódio (mg Na/L)                                 |  | 338,0     |
| Potássio (mg K/L)                               |  | 30,9      |
| Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> /L)               |  | 0,20      |
| Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L)               |  | 3,07      |
| Amônia (mg N-NH <sub>3</sub> /L)                |  | 0,38      |
| Sólidos totais (mg STD/L)                       |  | 2.883     |
| Alumínio (mg Al/L)                              |  | Ausência  |

Fonte: Mota et al. (2005) e Matos et al. (2006)

Tabela 2.6: Parâmetros físico-químicos dos rejeitos, utilizados na irrigação de atriplex.

| Parâmetro                                    | Rejeito 1             | Rejeito 2 | Rejeito 3             |
|--|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Turbidez (uT)                                | 0,95                  | 0,40      | 0,70                  |
| Cor aparente (uH)                            | 5                     | 9         | 12                    |
| pH *   | 7,2                   | 8,3       | 7,7                   |
| Temperatura (°C) *                           | 27                    | 27        | 27                    |
| Dureza (mg CaCO <sub>3</sub> /L)             | 1386                  | 4562      | 10.977                |
| Cálcio (mg CaCO <sub>3</sub> /L)             | 165,6                 | 261,7     | 1.407,4               |
| Magnésio (mg MgCO <sub>3</sub> /L)           | 236,2                 | 949,5     | 1.812,0               |
| Condutividade elétrica (μS/cm) *             | 5.400                 | 13.000    | 24.500                |
| Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L) *            | 1.678                 | 5.458     | 10.200                |
| Sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L) | 3,3                   | 5,9       | 71,1                  |
| Ferro (mg Fe/L)                              | < 0,1                 | < 0,1     | 0,1                   |
| Sódio (mg Na/L)                              | 488,0                 | 1.440,0   | 1.480,0               |
| Potássio (mg K/L)                            | 38,6                  | 123,2     | 251,0                 |
| Manganês (mg Mn/L)                           | 0,70                  | **N       | **N                   |
| Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> /L)            | 0,6                   | 3,3       | 2,0                   |
| Matéria orgânica (mg O <sub>2</sub> cons./L) | 7,1                   | 5,6       | 9,2                   |
| Sólidos dissolvidos (mg/L)                   | 2.883                 | 10.738    | 19.310                |
| Sólidos totais (mg/L)                        | 3.010                 | 11.718    | 19.494                |
| Coliformes totais (NMP/100 mL)               | 4,6 x 10 <sup>2</sup> | < 3,0     | 7,8 x 10 <sup>2</sup> |
| Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)      | < 3,0                 | < 3,0     | 69,7                  |

\* = valor médio      \*\* = não determinado

Fonte: Mota et al. (2005) e Matos et al. (2006)

Os ensaios de eletrólise foram executados com um eletrolisador, que produzia em 8 horas, 25 L da solução oxidante por batelada. O equipamento possuía uma fonte de corrente com alimentação de 220 V/2A e saída de 6,5 V/25A; uma câmara de recirculação; uma célula eletrolítica com 1.530 cm<sup>3</sup> de volume livre; 2 eletrodos de titânio, sendo um positivo, revestido com rutênio e outro negativo sem revestimento, com espessura de 2 mm e área de 48 cm<sup>2</sup>; 2 cabos de alimentação, um vermelho conectado ao eletrodo positivo (ânodo), e o cabo preto, ao eletrodo negativo (cátodo). A Figura 2.10 mostra o esquema do eletrolisador.

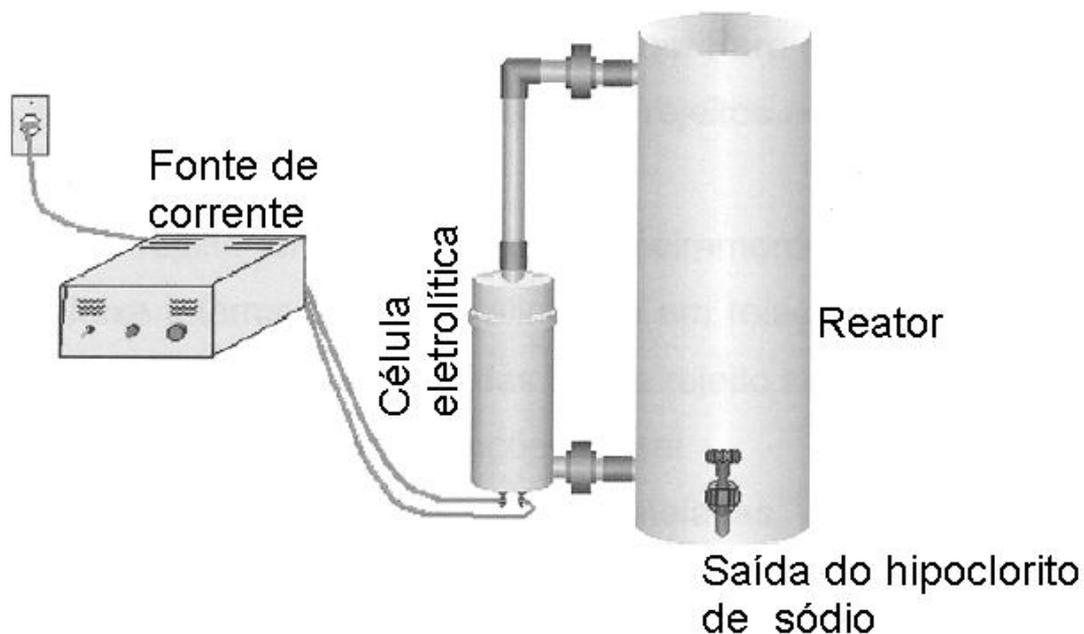


Figura 2.10: Eletrolisador utilizado por Mota et al. (2005) e Matos et al. (2006).

Nesses estudos, Mota et al. (2005) mostraram que a *Atriplex nummularia* Lindl. apresentou bom desenvolvimento, quando irrigada com rejeitos de um dessalinizador. A erva-sal mostrou-se capaz de retirar o sódio lançado no solo pelo rejeito do dessalinizador, exigindo-se estudos de manejo desse rejeito, para aplicação em larga escala. Segundo Mota et al. (2005) e Matos (2006), também ficou constatado que o hipoclorito gerado, a partir de rejeitos, é indicado para ser utilizado na desinfecção de ambientes domésticos e públicos, como na lavagem de prédios, escolas, fábricas, calçadas, banheiros e no transporte de esgotos, havendo necessidade de mais estudos, visando avaliar

a possibilidade de seu uso no tratamento de águas destinadas ao abastecimento humano.

As técnicas de recuperação de solos afetados por sais são de fundamental importância, uma vez que possibilitam o retorno deles ao processo de produção. Dentre as técnicas de recuperação de solos salino-sódicos, a aplicação de corretivos químicos e a lavagem do solo são bastante utilizadas, por atuarem diretamente na correção dos problemas desses solos em relação às plantas. As demais técnicas ou práticas utilizadas são consideradas auxiliares, tais como: drenagem, aração, aplicação de resíduos orgânicos, sistematização e nivelamento, entre outros, por agirem indiretamente sobre algumas propriedades do solo, que facilitam a recuperação. Em muitas áreas a salinidade ocorre conjuntamente com o aumento dos níveis de sódio, originando os solos salino-sódicos e sódicos. A técnica convencional de recuperação de solos salino-sódicos e sódicos é a aplicação de melhoradores, seguida pela irrigação excessiva. Os melhoradores comumente empregados são o cloreto de cálcio, o fosfogesso e o gesso. Uma alternativa que vem surgindo para a recuperação de solos salinos é a fitorremediação, utilizando halófitas, como a *Atriplex nummularia* (LEAL, 2005).

#### **2.4.2 - Filtração domiciliar**

Pode-se afirmar que a filtração domiciliar constitui um hábito cultural dos brasileiros. No entanto, é controversa sua necessidade de uso. A seu favor argumenta-se que constitui a última barreira sanitária, capaz de reter eventuais partículas, até mesmo, microorganismos presentes na água. No entanto, existem argumentos contrários à sua utilização, tais como (HELLER; CASSEB, 1995):

- (i) Baixa eficiência e irregularidade na remoção da turbidez e de patógenos.
- (ii) Formação de uma película biológica, em torno do elemento filtrante, na qual pode ocorrer o desenvolvimento de patógenos oportunistas.
- (iii) Nos países desenvolvidos, não é empregada a filtração domiciliar, pois a qualidade da água do sistema público é inteiramente confiável, embora ali também não sejam utilizados os reservatórios domiciliares.

Ainda, segundo Heller e Casseb (1995), os filtros domiciliares mais tradicionais são o filtro de vela e o filtro de areia.

### **2.4.3 - Desinfecção**

A desinfecção de água consiste em um processo unitário essencial e necessário para eliminar os microorganismos patogênicos, proporcionando uma água potável que é segura para o consumo humano. Esta água reduz a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e a incidência de mortalidade de crianças e idosos (GENTHE; DU PREEZ, 1995; GENTHE; SEAGER, 1996 *apud* MEYER; REED, 2001). No entanto, Genthe e Seager (1996) *apud* Meyer; Reed (2001) observam que a utilização deste processo em áreas rurais, afetadas pela escassez e sem água corrente, permanece como um grande problema.

Vários métodos simplificados de purificação e desinfecção têm sido utilizados, mas a maioria requer alguma forma de infra-estrutura, investimento econômico e uso capacitado. Estes métodos incluem filtração, coagulação, cloração e oxidação. Fervura e aeração também têm sido empregados, com aplicação limitada (pequenos volumes) e, algumas vezes, apresentam resultados não confiáveis (SOLSONA, 1996).

### **2.4.4 - Moringa**

A *Moringa oleifera* pertence à Família Moringaceae, que é composta apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies conhecidas. Nativa do Norte da Índia, esta planta desenvolve-se, atualmente, em vários países dos trópicos. É um arbusto ou árvore de pequeno porte, de crescimento rápido, que alcança 12 m de altura (RANGEL, 2004). Esta planta é considerada uma alternativa alimentar estratégica em países em desenvolvimento, pois se trata de uma planta perene, resistente à seca, pouco exigente quanto à qualidade do solo e pouco susceptível a doenças. (A MORINGA OLEIFERA, 2004).

Segundo Bezerra et al. (2004), esta planta é cultivada devido ao seu valor alimentar (folhas, frutos verdes, flores e sementes torradas); forrageiro

(folhas, frutos e sementes); medicinal (todas as partes da planta); condimentar (principalmente as raízes), culinário e na indústria de cosméticos (óleo extraído das sementes), melífero (flores); combustível (madeira e óleo) e no tratamento de água para o consumo humano (cotilédones e tegumento das sementes)

Um dos usos mais registrados da moringa na literatura, no entanto, é a utilização do extrato das suas sementes no tratamento de águas turvas, substituindo de forma eficiente o sulfato de alumínio (BAKKE, 2001).

No início do século XX, mulheres árabes do Sudão descobriram que as sementes da moringa foram mais eficientes para a clarificação de águas turvas do rio Nilo do que outros materiais vegetais anteriormente conhecidos. Pesquisas comparativas mostraram que sementes de 5 espécies da família Moringaceae (*Moringa oleifera*, *M. peregrina*, *M. longituba*, *M. drouhardii* e *M. ovalifolia*) também continham coagulantes altamente eficientes. Estes coagulantes têm propriedades semelhantes ao coagulante usado convencionalmente (sulfato de alumínio) (SILVA, 1996). Comparada com o alumínio, as sementes da moringa não alteram significativamente o pH e a alcalinidade da água após o tratamento e não causam problemas de corrosão (GALLÃO et al., 2006).

Atualmente, a cultura da moringa vem sendo difundida em todo o semi-árido nordestino, devido à sua utilização no tratamento de água para uso doméstico (GALLÃO et al., 2006).

No meio rural, os moradores geralmente consomem a água bruta, com contaminação microbiológica e turbidez muito acima dos “limites aceitáveis”. A possibilidade de utilizar um coagulante primário natural, produzido no local e com baixo custo, representa um grande potencial na luta contra os problemas ligados ao consumo de água não potável (PINTO; HERMES, 2006).

Borba (2001) efetuou um estudo sobre a viabilidade do uso da *Moringa oleifera* no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades. Nesse estudo constatou-se que a moringa é um excelente coagulante, apresentando durante os ensaios uma redução de 92,5% a 97,7% da turbidez

e uma redução da cor de 90,7% a 97,5%. O pesquisador também constatou que ela vem sendo utilizada em muitos locais, como alternativa para a clarificação de água de abastecimento de casas isoladas na zona rural. No entanto, foi constatado que ela é inviável para sistemas comunitários, considerando a grande dificuldade de obtê-la em quantidades suficientes, para atender a sistemas desse porte, além de não ser um eficiente bactericida.

Pinto e Hermes (2006) apresentam vantagens e desvantagens do uso da moringa como coagulante (Tabela 2.7).

Tabela 2.7: Vantagens e desvantagens do uso da moringa como coagulante.

| Vantagens   | Desvantagens  |
|---|---|
| (i) Método fácil e barato para países em desenvolvimento (especialmente em tratamentos caseiros)<br>(ii) A eficiência não depende do pH da água bruta<br>(iii) O processo não modifica o pH da água<br>(iv) Não altera o sabor da água, a não ser que seja adicionada uma dose muito alta | (i) O tratamento clarifica a água e a torna em boas condições para ser bebida, porém ela pode possuir alguns germes patogênicos<br>(ii) O coagulante não pode ser utilizado na sua forma pura, ele deve ser previamente preparado |

Fonte: Pinto e Hermes (2006)

#### 2.4.5 – Aguapé (*Eichornia crassipes*)

Todas as macrófitas exercem importante papel na remoção de substâncias dissolvidas, assimilando-as e incorporando-as à sua biomassa. No entanto, a espécie *Eichornia crassipes* tem sido a mais pesquisada para o tratamento de água com plantas (PACHECO, 2004). Essa planta recebe diferentes nomes populares no Brasil, como aguapé, baronesa, mururé, pavóia, rainha do lago, uapé e uapê (SALATTI, 2003).

O aguapé, por funcionar como um autêntico filtro biológico, passou a ser pesquisado e utilizado em projetos de pré-tratamento de rios e esgotos, pois suas raízes retêm as impurezas contidas na água e estas, quando se decompõem pela ação de microorganismos, vão servir de nutrientes para a planta. O aguapé pode ser usado também, em águas destinadas ao abastecimento público, pois remove, naturalmente, muitas das impurezas que, de outra forma, teriam de ser eliminadas com substâncias químicas. (MEDEIROS et al., 2001).

Quando o aguapé é cultivado de forma correta, do ponto de vista técnico-científico, ele pode ser um agente de despoluição. No entanto, quando esta planta cresce de forma descontrolada e sem manejo adequado, pode se transformar num problema ambiental (PACHECO, 2004).

## **2.5 – USO RACIONAL OU EFICIENTE DA ÁGUA APLICADO ÀS CARACTERÍSTICAS DO REGIME HÍDRICO SEMI-ÁRIDO**

### **2.5.1 – Controle de perdas e desperdício**

Nas últimas décadas, uma das principais preocupações dos gestores de sistemas de abastecimento de água, em todo o mundo, tem sido a minimização de perdas de água, que atingem freqüentemente valores superiores a 30%, ou mesmo 40%, de toda água que entra nos sistemas. Portanto, o problema das perdas e do seu controle em sistemas de adução e distribuição de água assume importância cada vez maior na atual tendência para promover a sustentabilidade dos serviços e a proteção do ambiente. (ARAÚJO et al., 2004). No Brasil, as perdas físicas são, em média, superiores a 50% do volume injetado nos sistemas, em decorrência de muitos fatores, tais como: valores extremos de pressões nas redes, rupturas nas tubulações, golpes de aríete, sobrepressões, decorrentes de interrupções no fluxo d'água nas tubulações, desperdícios, entre outros (SILVA et al., 2004). O controle de perdas e desperdício deve ser feito pelo poder público, por empresas privadas e pela população em geral. Várias medidas de controle podem ser adotadas, entre elas (MOTA, 2002):

(i) Controle de vazamentos nos sistemas públicos de abastecimento de água e nas edificações. Redução do consumo de água na rega de jardins. Em regiões com carência de água, deve ser incentivado o plantio de vegetais que consomem menor quantidade, bem como adotadas práticas para reduzir a evaporação, tais como promover a cobertura do solo com folhas e palhas, para manter a umidade junto às plantas.

(ii) Adoção de medidas de redução do consumo e controle de desperdícios, tais como: fechar a torneira enquanto se escova os dentes; utilização de água necessária, no banho; evitar usar mangueiras e utilizar balde e pano, na lavagem de carros; usar somente o necessário, na lavagem de roupas e na preparação de alimentos; manter as torneiras, descargas, chuveiros, bóias de caixas d'água e tubulações sem vazamentos.

### **2.5.2 – Reúso de água**

Na atualidade, a reutilização de água de qualidade inferior, em atividades menos exigentes, é imperativo. Primeiramente, como forma de preservar a água de melhor qualidade para o consumo humano e, depois, como barreira contra a contaminação dos corpos receptores. A reutilização de águas residuárias tratadas pressupõe riscos sanitários que, no entanto, quando devidamente tratadas e controladas em áreas, onde os recursos hídricos são escassos, podem ser aproveitadas como um recurso não convencional. A água residuária bruta deverá ser submetida a tratamentos, antes de ser reutilizada. O nível de tratamento exigido dependerá do uso proposto, devendo, no entanto, apresentar características físicas, químicas e biológicas que assegurem a proteção da saúde pública (BRITO et al., 2004). Várias regiões áridas e semi-áridas do Planeta têm-se tornado um campo ideal para a aplicação de águas residuárias recuperadas, como ocorre nos países da região do Mediterrâneo, que têm praticado o uso das águas residuárias em várias localidades. No Brasil, o Nordeste brasileiro, em particular o semi-árido, pelas suas características climáticas conducentes à escassez dos recursos hídricos, poderá ser suprido com a implantação de técnicas de reúso de água (SANTOS; SOUZA, 2000). O conhecimento acumulado sobre o reúso no Brasil é escasso e, a própria pesquisa sobre tratamento de esgotos, desenvolvida no país,

pouco recebeu o enfoque do reúso. Isso não quer dizer que não ocorra e de forma indiscriminada e sem controle. O reúso indireto é, com certeza, prática corrente, haja vista a quase inexistência de tratamento de esgotos e somente 10% do volume total de esgotos coletados no país são submetidos a algum tipo de tratamento. Além disso, vários estudos sobre a qualidade de águas de irrigação ou de hortaliças comercializadas em diversas regiões do país, reforçam os indícios da prática disseminada de irrigação com esgotos ao menos de forma indireta. Portanto, torna-se premente a necessidade de pesquisas e ações no sentido do reúso controlado, incluindo sua regulamentação (TSUTIYA, 2001).

## **2.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABREU, G.H.F.G. Avaliação das barragens subterrâneas no estado de Pernambuco. 183 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos hídricos). Universidade Federal de Pernambuco/CTG, Recife-PE. 2001.

AGÊNCIA BRASIL. Lei de saneamento básico é publica no Diário Oficial. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2007/01/08/materia.2007-01-08.7624620635/view>> Acesso em 10 jan. 2007.

ALMEIDA NETO, M.A. Uso da semente do gênero moringa. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999, Petrolina. Anais... Petrolina: ABCMAC, 1999. 1 CD-ROM.

A MORINGA OLEIFERA. Disponível em: <<http://www.oeste.ubbi.com.br/>>. Acesso em 14 fev. 2004.

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: 3º SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2001. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R.; SILVA JÚNIOR, L.G.A. Evaporação solar como alternativa de reúso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIARIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: 2005. Disponível em: < [http://www.ana.gov.br/pnrh\\_novo/documentos/02b%20Panorama%20da%20Qualidade%20%C1guas%20Subterr%E2neas/VF%20Qualidade%20AguasSubterraneas.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/02b%20Panorama%20da%20Qualidade%20%C1guas%20Subterr%E2neas/VF%20Qualidade%20AguasSubterraneas.pdf) >. Acesso em: 24 nov. 2006.

ANDRADE, M.C. Nordeste semi-árido: limitações e potencialidades. In: BATISTA FILHO, M. Viabilização do semi-árido nordestino. Recife: IMIP, 2001. p. 12-18.

ANDRADE NETO, C.O. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.

APHA; AWWA; WEF. Standards methods for the examination of waterwaste. 20 ed. Washington. American Public Health Association, American Water Works Associations, Water Environmental Federation. 1998.

ARAGÃO, J.O.R. A influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do Nordeste do Brasil. In: Oceanografia: um cenário tropical.

Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Oceanografia. Recife: Bagaço, 2004. p. 131-184.

ARAÚJO, J.C.; MOLINAS, P.A.; JOCA, E.L.L.; BARBOSA, C.P.; BEMFEITO, C.J.S.; BELO, P.S.C. Avaliação de custos de disponibilidade da água na região semi-árida. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, L.S.; RAMOS, H.; COELHO, S.T. Maximização do desempenho de redes de distribuição de água através da inserção e ajuste de válvulas. In: XI SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.

ARABI, M.A.; ZURIGAT, Y. Year-round comparative study of three types of solar desalination units. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 172, p. 137-143. 2005.

BAKKE, I.A. Características de crescimento e valor forrageiro da moringa (*Moringa oleifera Lam.*) submetida a diferentes adubos orgânicos e intervalos de corte. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba. CCA-CFT-CSTR, Areia-PB. 2001.

BATISTA, L.F. Água, mais água... é a solução para o semi-árido? In: Batista Filho, M. Viabilização do semi-árido nordestino. Recife: IMIP, 2001. p. 32-37.

BERNAT, C. A cisterna de placas: técnicas de construção. 2<sup>a</sup> ed. Recife: FUNDAJ, 1993. 74 p.

BEZERRA, A.M.E.; MOMENTÉ, V.G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera Lam.*) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, nº 2, p. 295-299. 2004.

BEZERRA, M.R.C.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CIRILO, J.A.; BLACKBURN, D.M.; COSTA NETTO, M.L.C. Avaliação da qualidade da água em fontes superficiais e subterrâneas da região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: XV

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

BOLMANN, H.A. Desenvolvimento de um equipamento simplificado de desinfecção de águas de abastecimento público pela geração de gases oxidantes produzidos no local. In: 18<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1995, Salvador. Anais... Salvador: ABES, 1995.

BORBA, L.R. Viabilidade do uso da *Moringa oleifera Lam* no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades. 84 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa -PB. 2001.

BRANCO, A.M.; ALMEIDA, V. Women, mobilization and the revitalization of water resources: the case of Northeastern Brazil. In: FORUM WATER IN THE AMERICAS IN THE 21<sup>ST</sup> CENTURY, 2002. Cidade do México.

BRITO, L.T.L.; PORTO, E.R. Cisterna rural: água para consumo humano. In: 1<sup>o</sup> SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 59-62.

BRITO, L.P.; TINÔCO, J.D.; COSTA, J.T. Reúso Planejado de esgoto no semi-árido nordestino: Serra Negra do Norte – RN, um estudo de caso. In: XI SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.

BRUGGEN, B.; VANDERCASTEELE, C. Distillation vs. membrane filtration: overview of process evolutions in seawater desalination. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 143, p. 207-218. 2002.

CARVALHO, M.S. Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco à saúde. 1997. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica). COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ. 1997.

CHAGAS, P; SOUZA, R. Aplicação da teoria dos números difusos na análise de risco em problemas de qualidade de água. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

CHAUDHRY, F.H. Saneamento ambiental e recursos hídricos – as múltiplas interfaces. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

COSTA, W.D. Barragem subterrânea: uma obra de redenção no semi-árido. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E EM IV SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 2001, Recife. Anais. p.175-181.

COSTA, M.R.; ABREU, G.H.F.G.; CIRILO, J.A.; COSTA, W.D. Barragem subterrânea – uma alternativa tecnológica para a convivência com a seca. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001a. 1 CD-ROM.

COSTA, S.S.; MACIEL FILHO, A.A.; CANCIO, J.A.; OLIVEIRA, M.L.C. Seleção de indicadores sanitários como instrumento de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano na prevenção e controle de doenças de veiculação hídrica. In: 21<sup>º</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001b. 1 CD-ROM.

CRAVO, J.G. O programa de dessalinização de água do nordeste brasileiro. In: 1<sup>º</sup> SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 95-114.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. Hidrologia subterrânea. 2<sup>a</sup> ed. Barcelona: Omega S/A, 1983, v. 2, 2350 p.

DAVIS, P.A. Wave powered desalination: resource assessment and review of technology. Desalination, Elsevier Science B.V., v. 186, p. 97-109. 2005.

DING, Z.; LIU, L.; EL-BOURAWI, M.S.; MA, R. Analysis of a solar-powered membrane distillation system. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 171, p. 27-40. 2005.

DUARTE, R.S. Do desastre natural à calamidade pública a seca de 1998-1999. Recife: FUNDAJ, 2002. 280 p.

DUQUE, M.G.; BALBINO, M.A. Estúdio ambiental en el município de Major Izidoro Del Estado de Alagoas de Brasil. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIARIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

EINAV, R.; LOKIEC, F. Experimental aspects of a desalination plant in Ashkelon. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 156, p. 79-85. 2003.

EL-MANHARAWY, S.; HAFEZ, A. A new chemical classification system of waters for desalination and other industrial uses. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 156, p. 163-180. 2003.

FATH, H.E.S; EL-SHERBINY, S.M.; GHAZY, A. Transient analysis of a new humidification-dehumidification solar still. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 155, p. 187-203. 2003.

FREIRE, N.C.F. Desertificação na Região de Xingó: mapeamento e análise espectro-temporal. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação). Universidade Federal de Pernambuco/CTG, Recife-PE. 2004.

FREITAS, A.L.S. Uso racional da água subterrânea aplicado às ciências agrárias. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1997, 75 p.

FURTADO, F.N.; MOTA, S. Impactos do uso de rejeitos de um dessalinizador de água na irrigação da erva-sal, sobre plantas e o solo. *Revista SANEAS*, São Paulo, p. 6-10. 2003.

GALLÃO, M.I.; DAMASCENO, L.F.; BRITO, E.S. Avaliação química e estrutural da semente de moringa. Revista Ciência Agronômica, Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, v. 37, nº 1, p. 106-109. 2006.

GALVÍN, R.M. Occurrence of metals in waters: an overview. Water SA, v. 22, nº 1, p. 7-18. 1996.

GENTHE, B.; DU PREEZ, M. Evaluation of rapid methods for the detection of indicator organisms in drinking water. WRC. Report nº 610/1/95. 1995.

GENTHE, B.; SEAGER, J. The effects of water supply, handling and usage on water quality in relation to health indices in developing communities. WRC. Report 562/1/96. 1996.

GNADLINGER, J. Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro. In: 1º SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 81-93.

GONDIM, R.S. Difusão da captação de água de chuvas no financiamento rural. In: 3º SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2001. 1 CD-ROM.

GOULD, J. Is Rainwater Safe to Drink? A Review of Recent Findings. In: 9ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999, Petrolina. Anais... Petrolina: ABCMAC. 1999. 1 CD-ROM.

HELLER, L.; CASSEB, M.M.S. Abastecimento de água. In: BARROS, R.T. et al. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental DESA/UFMG, 1995. p. 63-112.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Desertificação no Brasil. Brasília-DF: Ministério do Meio

Ambiente, 2003. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em 22 set. 2003.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo demográfico 2000 Agregado por Setores Censitários dos resultados do universo – v. 3. Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM.

KAHRAMAN, N.; CENGEL, Y.A.; WOOD, B.; CERCI, Y. Energy analysis of a combined RO, NF, and EDR desalination plant. *Desalination*, Elsevier Science B.V., v. 171, p. 217-232. 2004.

KOSCHIKOWSKI, J.; WIEGHAUS, M.; ROMMEL, M. Solar thermal-driven desalination plants based on membrane distillation. *Desalination*, Elsevier Science B.V. v. 156, p. 295-304. 2003.

LEAL, I.G. Utilização de *Atriplex nummularia* e gesso de jazida na fitorremediação de solo salino-sódico. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2005.

LIMA, A.F. Redução de dureza. In: *Problemas de Engenharia Sanitária*. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1993. cap. 16, p.167-175.

LIMA, M.F.; SOUSA, G.N.; ASSIS, J.A.; ARAÚJO, I.P. Captação da água de chuva integrada ao trabalho da pastoral da criança. In: 3<sup>o</sup> SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2001. 1 CD-ROM.

LÓCIO, A.M. Plano de desenvolvimento sustentável da bacia do rio São Francisco e do semi-árido nordestino. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMI-ÁRIDO, 2000, Mossoró. Anais... Recife: 2000, p. 89 - 107.

MAIA NETO, R. F. A água para o desenvolvimento sustentável. *A Água em Revista*, Belo Horizonte, n<sup>o</sup> 9, p.21-32. 1997.

MATOS, J.F.; MOTA, S.; AVELINO, F.F.; PÁDUA, V.L.; BRAGA, E.A.S.; MALVEIRA, J.Q. Solução oxidante gerada a partir da eletrólise de rejeitos de dessalinizadores de água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, nº 2, p. 143-152. 2006.

MEDEIROS, Y.D.P.; OLIVEIRA, I.B.; PROENÇA, C.N.O.; SILVA, A.M.S. Seleção de tecnologias limpas utilizadas no controle e preservação dos recursos hídricos do semi-árido do estado da Bahia. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001. 1 CD-ROM.

MEDRONHO, R.A. Avaliação do método geoestatístico no estudo da distribuição espacial da hepatite A. 146 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública/FIOCRUZ, Rio de Janeiro. 1999.

MEYER, V.; REED, R.H. SOLAIR disinfection of coliform bacteria in hand-drawn drinking water. Water SA, v. 27., nº 27, p.49-52. 2001.

MMA (Ministério do Meio Ambiente); ABEAS (Associação Brasileira de Educação Superior). Água subterrânea: conceitos, reservas, usos e mitos. Brasília-DF, 1999, 28 p.

MONTENEGRO, A.; MARINHO, I.; SILVA, V.P.; ANDRADE, A.; SILVA, J.G.; PEREIRA, R.; ALBUQUERQUE, K.S. Impacto do uso de água subterrânea salina em áreas agrícolas do programa Xingó. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001. 1 CD-ROM.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; SCHAFFER, J.M.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; MARINHO, I. Barragem subterrânea: a experiência do Programa Xingó. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.

MOTA, S. Água: controle do desperdício e reúso. In: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. p. 53-68.

MOTA, S.; STUDART, T.M.C. O estudo de impacto ambiental como instrumento para o desenvolvimento sustentável de bacias hidrográficas do semi-árido. In: III SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 1996, Salvador. Anais... Salvador: ABRH, 1996. p. 259-264.

MOTA, S.; MATOS, J.F.; FURTADO, F.N. Aproveitamento de rejeitos salinos na irrigação e para geração de hipoclorito de sódio. In: WORKSHOP USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR, 2005, Campina Grande: UFCG/UFPB, 2005. p. 453-471. 1 CD-ROM.

MOURA, D.C. Riqueza e abundância de abelhas em diferentes estágios de degradação da caatinga como indicadores ambientais no entorno da usina hidrelétrica de Xingó. 98 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Departamento de Geografia/UFPE, Recife. 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Review of the desalination and water purification technology roadmap. Washington, D.C.: The National Academies Press. Disponível em: <<http://www.nap.edu/books/0309091578/html/>>. Acesso em 10 out. 2004.

NUNES, A.B.A.; MAGALHÃES.; N.F.; PEREIRA, C.B.; CEBALLOS, B.S.O.; TEIXEIRA, E.C.; KONIG, A. Resposta do processo de autodepuração ao impacto dos esgotos domésticos em um rio do semi-árido paraibano – Baixo Bodocongó. In: IX SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A.M.S.; LEITE, C.A.G. Tecnologias simples para aproveitamentos de pequeno porte dos recursos hídricos do semi-árido nordestino. São Paulo: Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT, 1984. 83 p.

PACHECO, J.R. Estudo de certas potencialidades de processos oxidativos avançado para o tratamento de percolado de aterro sanitário. 81 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica). Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 2004.

PAIXÃO, M.P.; STUDART, T.M.C.; BEZERRA, J.N.; CARVALHO, R.M. Aplicação de indicadores de performance na avaliação de sistemas hídricos: um estudo de caso. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

PEROSA, P.T.; RIBEIRO, H.; BORGES, V.M.N.A.; PEREIRA, A.S. Regulação dos serviços de saneamento básico aspectos conceituais e fatores intervenientes. In: IX SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

PINTO, N.O.; HERMES, L.C. Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 47 p.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C.; ARAÚJO, O.J. Potencialidades da erva sal (*Atriplex nummularia*) irrigada com o rejeito da dessalinização de água salobra no semi-árido brasileiro com alternativa de reutilização.). In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIARIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C.; SILVA JÚNIOR, L.G.A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, nº 1, p. 111-114. 2001.

PUERARI, E.M.; CASTRO, M.A.H. Barragem subterrânea versus açude: análise comparativa dos dois sistemas de armazenamento de água no semi-árido. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

QUINTANS, L.J. A globalização econômica, o Nordeste brasileiro e seu semi-árido. In: BATISTA FILHO, M. Viabilização do semi-árido nordestino. Recife: IMIP, 2001. p. 83-102.

RANGEL, M.S. Moringa oleifera um purificador natural de água e complemento alimentar para o Nordeste do Brasil. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/a10moringa.htm>>. Acesso em: 20 fev 2004.

REIFF, F.M.; WITT, V.M. Manual de desinfección: guias para la seleccion y application de tecnologias de desinfeccion del água para consumo humano em pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe. Washington: Editora OPS, Série Técnica nº 30. 1995. 227 p.

RIBEIRO, A.C. Mercado atual e futuro da perfuração de poços. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E EM IV SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 2001, Recife. Anais...Recife: ABAS, 2001. p.83-88.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M.D. Tratamento de água, tecnologia atualizada. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 1991. 332p.

RIFFEL, D.B. Unidade de osmose reversa acionada por energia solar fotovoltaica sem baterias: simulação, projeto e validação experimental. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará. 2005.

ROSENLUND, M. Environmental factors in cardiovascular disease. 69 f. Tese (Doutorado em Epidemiologia). Karolinska Institutet, Estocolmo, Suécia. 2005. Disponível em <<http://diss.kib.ki.se/2005/91-7140-292-6/thesis.pdf>> Acesso em 16 mar. 2007.

RUSH, K.; HUYSSTEEN, V.; OLIVIER, J. Pattern of domestic water inadequacy on the South Africa West Coast. Water SA, v. 26, nº 4. p. 537-554. 2000.

SABINO, S.T.B.O. Programas emergenciais de combate aos efeitos da seca: o que mudou na década de 90?. 175 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública) – Universidade Federal de Pernambuco/CCSA, Recife–PE. 2002.

SANTOS, A.C. Noções de hidroquímica. In: Hidrologia conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. cap. 5. p. 81-108.

SALATTI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. *Biológico*, São Paulo, v. 65, nº 1/2, p. 113-116. 2003.

SANTOS, J.B.; ASSIS, E.G.; MACHADO, T.T.V. A qualidade dos recursos hídricos superficiais no semi-árido – Curimataú Paraibano. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000. 1 CD-Rom.

SANTOS, M.J.; DALTRO FILHO, J. Importância da água na qualidade de vida das comunidades rurais do sistema integrado de água de Escorial, no semi-árido de Sergipe-Brasil. In: IX SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

SANTOS, I.J. e SOUZA, M.A.A. Reúso de água: uma análise da adequabilidade da utilização das águas residuárias tratadas no Distrito Federal. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

SECTMA (Secretaria de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente). Cenário para o bioma Caatinga. Recife: SECTMA, 2004. 283 p.

SCHISTEK, H. A cisterna de tela e cimento. In: 3º SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2001. 1 CD-ROM.

SILANS, A.P. Alternativas científicas e tecnologias para o abastecimento de água no semi-árido. In: Água e desenvolvimento sustentável no semi-árido. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002. p. 133-160.

SILVA, A.R. Estudos sobre o gênero Moringa. 87 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica). Departamento de Genética e Bioquímica/Universidade Federal de Uberlândia. 1996.

SILVA, L.M.C. Açudes e reservatórios: mecanismos legais e institucionais para uma gestão sustentável. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001. 1 CD-ROM.

SILVA, F.C.; DIAS, I. C.S.; BEZERRA, S.T.M. Análise econômica da reabilitação de redes de abastecimento – EPANET e PNL 2000. In: XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.

SOARES, S.R.A.; CORDEIRO NETTO, O.M.C.; BERNARDES, R.S. Avaliação de aspectos político-institucionais e econômico-financeiros do setor de saneamento no Brasil com vistas à definição de elementos para um modelo conceitual. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.8, nº 1/2. p. 84-94. 2003.

SÓLON, A.O.; CAMPOS, J.N.B; STUDART, T.M.C. Estimativa dos valores esperados para durações máximas de secas hidrológicas no açude Castanhão-CE. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001. 1 CD-ROM.

SOLSONA, F. Disinfection for small water supplies. CSIR Technical Guide nº C. 2878. 1996.

SOUZA, R.A. Barreiro trincheira. In: 1º SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 171-173.

SUASSUNA, J. Contribuição ao estudo hidrológico do semi-árido nordestino. Recife: Editora Massangana, 2000. 98 p.

SUDENE (Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste). A seca e as ações do Governo Federal no Nordeste do Brasil – Pronunciamento do superintendente professor Marcos formiga na Comissão de Fiscalização Financeira e Controle da Câmara de Deputados. Brasília-DF, (não publicado). 1999.

TEIXEIRA, A.L.F; ROTUNNO FILHO, O.C.; AREND FILHO, L.A. GONÇALVES, R.C. Análise da evolução temporal dos indicadores hídricos e socioeconômicos aplicada ao município de Niterói. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

TORNISIELO, W.L. A santa praga da purificação. Revista Globo Rural. p. 39-40. 1987.

TSUTIYA, M.T. Uso agrícola dos efluentes das lagoas de estabilização do estado de São Paulo. In: 21<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-ROM.

UNEP (United Nations Environment Programme); WHO (World Health Organization). Water quality monitoring. Publicado por E & FN Spon, Londres. 1996. 383 p.

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. v. 1, 243 p.

VON SPERLING, E. Water quality in semi-arid Brazilian reservoirs. In: 24<sup>th</sup> WEDC CONFERENCE SANITATION AND WATER FOR ALL, 1998, Islamabad, Pakistan. p. 322-323.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). <Protection of human environment. Disponível em: <[http://who.int/peh/site\\_map.htm](http://who.int/peh/site_map.htm)> Acesso em 15 dez 2003.

ZAMXAKA, M.; PIRONCHEVA, G.; MUYIMA, NYO. (2004). Microbiological and physico-chemical assessment of the quality of domestic water sources in selected rural communities of the Eastern Cape Province, South Africa. *Water SA*, v. 30, nº 3, p. 333-340. 2004.

## CAPÍTULO 3

### PERFIL DO SANEAMENTO AMBIENTAL NA ÁREA DE XINGÓ

**RESUMO:** Apresenta-se neste trabalho uma visão geral do saneamento ambiental (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, limpeza pública, saúde pública e fontes de poluição) na zona urbana de 29 municípios da área de Xingó. Esta região localiza-se integralmente no semi-árido brasileiro. O estudo envolveu levantamentos de campo e consultas a órgãos oficiais de interesse. De acordo com os resultados, em geral, os municípios dispõem de uma infra-estrutura e de um gerenciamento deficientes. Baixos índices de cobertura de esgoto, desperdícios de água e disposição de resíduos sólidos em depósitos de lixo a céu aberto são apenas alguns exemplos que foram encontrados.

**Palavras-chave:** saneamento ambiental, zona urbana da área de Xingó, infra-estrutura sanitária

**ABSTRACT:** In this work, an overview about environmental sanitation (water supply, sewage, urban drainage, public cleaning, public health, and sources of pollution), in the urban zone of 29 municipalities of Xingó area is shown. This region is entirely located in the semi-arid zone of Brazil. The research evolved surveys on site and consultings to the official institutions of concern. According to the results, in general, the municipalities showed a deficient sanitary infrastructure and management. Poor sewage services, water wastefulness, and solid waste disposal on dumps are some examples that were found.

**Keywords:** environmental sanitation, urban zone of Xingó area, sanitary infrastructure

### **3.1 – INTRODUÇÃO**

O Saneamento está intimamente relacionado à qualidade de vida e à saúde da população de uma cidade. Modernamente, tem-se preferido o termo saneamento ambiental, para abranger a saúde pública e as áreas afins, como coleta e tratamento de esgotos e efluentes industriais, destinação e tratamento de resíduos sólidos, drenagem urbana, etc. As áreas de saneamento, recursos hídricos e de meio ambiente estão intimamente relacionadas, principalmente quando o assunto a tratar é a água e o seu uso mais nobre, o abastecimento público (LAHÓZ, 2000).

Embora o saneamento ambiental seja de suma relevância, para o homem e o meio ambiente, diversos trabalhos encontrados na literatura específica (DUQUE; BALBINO, 2000; LÓCIO, 2000; NUNES et al., 2000; BRANCO; ALMEIDA, 2002) apresentam a forma equivocada como vem sendo conduzido o saneamento ambiental no semi-árido.

No presente trabalho apresenta-se uma avaliação do saneamento ambiental, principalmente a exposição das principais deficiências encontradas, em uma região, a área urbana de 29 cidades, que faz parte da área de Xingó.

### **3.2 – METODOLOGIA**

Basicamente, na condução e obtenção dos dados aqui apresentados, foram realizadas consultas a órgãos oficiais da prefeitura, IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e companhias de água e de esgoto, além de inúmeras visitas a captações de água, estações de tratamento de água e de esgoto e locais de disposição final dos resíduos sólidos e líquidos, usinas de reciclagem e compostagem, aterros controlados e fontes de poluição. Secretários de saúde, de infra-estrutura, gerentes e operadores de companhias de saneamento, fizeram descrições sobre o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública, drenagem urbana e saúde, inclusive, apontando as principais carências. As visitas de campo foram bastante úteis na identificação e caracterização do saneamento na área alvo, sendo fotograficamente documentadas.

### **3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.3.1 – Características gerais da área da pesquisa**

##### **3.3.1.1 – Aspectos físicos, geográficos e demográficos**

A área de Xingó é aquela sob a influência direta das usinas hidrelétricas de Xingó, Paulo Afonso e Itaparica. Ela situa-se integralmente no Nordeste brasileiro, entre as coordenadas de 8°13' S e 37°05' e 39°05' e 39°54 W. Numa delimitação provisória, que foi necessária, a fim de possibilitar o funcionamento das atividades previstas nos diversos convênios que compunham o Instituto Xingó, essa área foi definida como se estendendo por 29 municípios, localizados em quatro estados do Nordeste: Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe. Segundo o IBGE (2001b), em 2000 a referida área tinha uma população total de 608.771 habitantes. Os municípios da área de Xingó situam-se no Submédio e no Baixo São Francisco. Todos eles encontram-se inseridos no “Polígono das Secas”. Além dos 29 municípios, 5 municípios (municípios assistidos) foram posteriormente incorporados à área de atuação do Instituto Xingó: Belo Monte-AL, São José da Tapera-AL, Santa Brígida-BA, Ibimirim-PE e Parnamirim-PE.

A população, a área e taxa de urbanização dos 29 municípios da área de Xingó constam na Tabela 3.1.

Do apresentado na Tabela 3.1, tem-se:

- (i) Os municípios de maior e menor dimensão territorial são, respectivamente, Curaçá-BA (6449 km<sup>2</sup>) e Pariconha-PE (262 km<sup>2</sup>).
- (ii) Os municípios de maior e menor população são, respectivamente, Paulo Afonso-BA (96428 habitantes) e Itacuruba-PE (3669 habitantes).
- (iii) Os municípios de maior e menor taxa de urbanização são, respectivamente, Paulo Afonso-BA (85,57%) e Piranhas-AL (6,70%).

Tabela 3.1: População residente, área territorial e taxa de urbanização dos 29 municípios pesquisados da área de abrangência do Instituto Xingó.

| Município                | Estado  | População (habitantes) |                |                | Área (km <sup>2</sup> ) | Urbanização (%) |
|--------------------------|---|------------------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------|
|                          |   | Urbana                 | Rural          | Total          |                         |                 |
| Água Branca              | <br>Alagoas      | 4.496                  | 14.164         | 18.660         | 455                     | 24,09           |
| Delmiro Gouveia          |   | 33.563                 | 9.432          | 42.995         | 607                     | 78,06           |
| Olho d'Água do Casado    |   | 3.887                  | 3.172          | 7.059          | 323                     | 55,06           |
| Pão de Açúcar            |   | 10.806                 | 13.545         | 24.351         | 659                     | 44,38           |
| Pariconha                |   | 2.404                  | 7.682          | 10.086         | 262                     | 23,84           |
| Piranhas                 |   | 1.340                  | 18.667         | 20.007         | 407                     | 6,70            |
| Abaré                    | <br>Bahia        | 5.529                  | 8.105          | 13.634         | 1.694                   | 40,55           |
| Chorrochó                |   | 2.153                  | 7.741          | 9.894          | 2.652                   | 21,76           |
| Curaçá                   |   | 10.750                 | 18.650         | 29.400         | 6.449                   | 36,56           |
| Glória                   |   | 2.365                  | 12.194         | 14.559         | 1.277                   | 19,39           |
| Macururé                 |   | 2.355                  | 6.257          | 8.612          | 2.279                   | 27,35           |
| Paulo Afonso             |   | 82.514                 | 13.914         | 96.428         | 1.693                   | 85,57           |
| Rodelas                  |   | 4.764                  | 1.473          | 6.237          | 2.575                   | 76,38           |
| Belém do São Francisco   | <br>Pernambuco | 11.803                 | 8.416          | 20.219         | 1.835                   | 58,38           |
| Cabrobó                  |   | 15.759                 | 10.632         | 26.391         | 1.623                   | 59,71           |
| Floresta                 |   | 15.540                 | 9.184          | 24.724         | 3.675                   | 62,85           |
| Itacuruba                |   | 3.233                  | 436            | 3.669          | 437                     | 88,12           |
| Jatobá                   |   | 5.412                  | 7.736          | 13.148         | 276                     | 41,16           |
| Orocó                    |   | 3.572                  | 7.251          | 10.823         | 560                     | 33,00           |
| Petrolândia              |   | 19.599                 | 7.721          | 27.320         | 1.084                   | 71,74           |
| Santa Maria da Boa Vista |   | 13.960                 | 22.780         | 36.740         | 2.965                   | 38,00           |
| Tacaratu                 | 7.242   | 9.854                  | 17.096         | 1.249          | 42,36                   |                 |
| Terra Nova               | 3.869   | 3.550                  | 7.419          | 361            | 52,15                   |                 |
| Canindé do São Francisco | <br>Sergipe    | 9.303                  | 8.451          | 17.754         | 904                     | 52,40           |
| Gararu                   |   | 2.988                  | 8.375          | 11.363         | 638                     | 26,30           |
| Monte Alegre de Sergipe  |   | 6.468                  | 5.119          | 11.587         | 417                     | 55,82           |
| Nossa Senhora da Glória  |   | 17.137                 | 9.773          | 26.910         | 742                     | 63,68           |
| Poço Redondo             |   | 6.360                  | 19.662         | 26.022         | 1.215                   | 24,44           |
| Porto da Folha           |   | 8.712                  | 16.952         | 25.664         | 891                     | 33,95           |
| <b>Total</b>             |   |                        | <b>317.883</b> | <b>290.888</b> | <b>608.771</b>          | <b>40.204</b>   |

Fonte: IBGE (2001b)

### **3.3.1.2 – Aspectos climáticos**

A totalidade da área de Xingó está inserida numa área onde predomina o clima semi-árido, que, segundo a classificação de Köppen, pode ser definido como do tipo BSh, ou seja clima seco de estepe de baixas latitudes. Esta região, do ponto de vista meteorológico, apresenta um déficit hídrico: os índices pluviométricos anuais, verificados variam de 400 a 900 mm, enquanto que os valores de precipitação ficam entre 1.500 a 2500 mm/ano (CHESF et al., 1999).

### **3.3.1.3 – Vegetação e aspectos pedológicos**

A vegetação dominante na região constitui-se, predominantemente, pelas caatingas. Essas formações são lenhosas, espinhosas e de caráter xerófilo.

Quanto aos aspectos pedológicos na área de Xingó, tem-se (CHESF et al., 1999):

(i) Área de Xingó em Alagoas – há dois tipos de associações de solos predominantes na área alagoana de Xingó: os Planossolos Solódicos e os Solos Litólicos. Os Litólicos restringem-se a oeste e norte de Delmiro Gouveia, norte de Olho D'Água do Casado e Piranhas, e todo o município de Pão de Açúcar. Os Planossolos Solódicos distribuem-se nas partes mais baixas, já próximas ao rio São Francisco, nos vales dos baixos cursos dos rios sem riachos que correm para este rio. Eles predominam nos municípios de Delmiro Gouveia, e partes sul de Olho d'Água e Piranhas. Os Planossolos apresentam textura arenosa, areno argilosa, ou argilosa. O relevo é predominantemente plano ou com ondulações muito suaves. Em alguns trechos estes solos apresentam-se pedregosos. São solos de horizonte A (“horizonte agrícola”) muito delgado, requerendo cuidados especiais no cultivo para evitar erosão laminar, e por isto não são recomendáveis para mecanização. A drenagem é também difícil, correndo-se o risco de salinização em condições de irrigação. Contudo, são solos moderadamente ácidos a neutros, e muito ricos em nutrientes minerais para as plantas. Uma irrigação manejada com extremo cuidado é possível. Os solos Litólicos são solos de arenoso a pedregosos, localizados nas áreas de maior declividade. Desenvolveram-se a partir dos

granitos e gnaisses do substrato. Ocorrem muitos afloramentos de rochas (“lajedos”). São muito rasos, por vezes o “horizonte agrícola” (A) assenta-se diretamente sobre o material originário ou rocha. Altamente susceptíveis à erosão. São moderadamente ácidos a neutros. O uso agrícola concentra-se nas áreas mais aplainadas. Como são solos pedregosos, com alta limitação hídrica, e extremamente susceptíveis à erosão, o mais recomendado é a sua compreensão funcional no sentido da utilização como parte do complexo paisagístico para serviços ambientais (proteção de mananciais, preservação de flora, fauna e conjuntos ecológicos), ecoturismo e turismo educacional.

(ii) Área de Xingó na Bahia – Podem ser identificadas na região de Xingó dentro do estado da Bahia três áreas de solos: a área de Macururé, Rodelas e Glória, onde predominam as Areias Quartzozas, na parte central da Região; a área oeste, de Abaré e Curaçá, onde respectivamente predominam o Solonetz Solodizado e o Planossolo Solódico Eutrófico; e a área de leste, ou de Paulo Afonso, onde predomina o Planossolo Solódico Eutrófico.

(iii) Área de Xingó em Pernambuco – As seguintes associações de solos destacam-se: as Areias Quartzozas (de Petrolândia para o norte); os Bruno Não Cálcicos (vão do Município de Floresta até o município de Cabrobó, mais predominantemente, e daí em Santa Maria da Boa Vista nos baixos vales dos afluentes do rio São Francisco); e os Latossolos Vermelho Amarelo Eutróficos (dominantes nos municípios de Orocó e Santa Maria da Boa Vista, e nos interflúvios entre os rios que correm para o São Francisco).

(iv) Área de Xingó em Sergipe – A área do estado de Sergipe dentro da Região de Xingó oferece um rico complexo de associações de solos, e esta diversidade por certo auxilia nas suas funções agropecuárias. Em contraste com os demais estados, o estado de Sergipe apresenta solos mais estruturados e manejáveis a um custo mais baixo. Nas superfícies dos municípios de Canindé do São Francisco e Poço Redondo, destacam-se os solos Bruno Não Cálcicos, enquanto que nas superfícies dos municípios de Porto da Folha, Monte Alegre de Sergipe, Glória e Garuru dividem importância os Podzols e os Litólicos.

### 3.3.1.4 – Recursos hídricos

O único rio perene na referida região é o São Francisco. Todos os afluentes do São Francisco, no espaço considerado, têm um regime fluvial do tipo semi-árido, ou seja, os rios permanecem secos (total ou parcialmente), ao longo do período de estiagem (CHESF et al., 1999).

Os maiores mananciais de água subterrânea concentram-se nos terrenos fanerozóicos sedimentares, especialmente na bacia do Jatobá, onde dominam rochas porosas. Os terrenos pré-cambrianos não se prestam satisfatoriamente ao armazenamento de água subterrânea. Este, em tais terrenos, quando se verifica, concentra-se nas áreas falhadas e/ou fraturadas. A análise do potencial hídrico integrado na área permite a identificação das áreas vistas na Tabela 3.2. Em face da heterogeneidade geológica, alguns municípios aparecem em mais de uma área, nessa regionalização procedida do potencial hídrico (CHESF et al., 1999).

Tabela 3.2: Classificação do potencial hídrico dos municípios da área de Xingó.

| Área | Características  | Municípios   |
|------|--|--|
| 1    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas subterrâneas: índice fraco</li> <li>• Excedente hídrico: fraco</li> <li>• Distribuição anual das águas superficiais: superconcentrada</li> </ul>        | Gararu-SE  |
| 2    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas subterrâneas: índice fraco</li> <li>• Excedente hídrico: muito fraco</li> <li>• Distribuição anual das águas superficiais : superconcentrada</li> </ul> | Abaré-BA, Curaçá-BA, Macururé-BA, Paulo Afonso-BA, Cabrobó-PE, Santa Maria da Boa Vista-PE, Monte Alegre de Sergipe-SE, Nossa Senhora da Glória-SE e Porto da Folha-SE |
| 3    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas subterrâneas: índice médio</li> <li>• Excedente hídrico: muito fraco</li> <li>• Distribuição anual das águas superficiais: superconcentrada</li> </ul>  | Rodelas-BA, Curaçá-BA, Terra Nova-PE e Santa Maria da Boa Vista-PE   |
| 4    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas subterrâneas: índice bom</li> <li>• Excedente hídrico: bom</li> <li>• Distribuição anual das águas superficiais: superconcentrada</li> </ul>            | Olho d' Água do Casado-AL, Paulo Afonso-BA, Petrolândia-PE e Tacaratu-PE   |
| 5    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Águas subterrâneas: índice médio</li> <li>• Excedente hídrico: médio</li> <li>• Distribuição anual das águas superficiais: superconcentrada</li> </ul>        | Santa Maria da Boa Vista-PE  |
| 6    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuição Anual das águas subterrâneas: índice médio</li> <li>• Excedente hídrico: médio</li> <li>• Águas superficiais: concentrada</li> </ul>             | Água Branca-AL   |

Fonte: CHESF et al. (1999)

### **3.3.1.5 – Aspectos econômicos**

A atividade econômica predominante dos municípios está pautada eminentemente na lavoura e na pecuária de pequeno porte. A falta de investimento tecnológico na produção agrícola e pecuária traduz o estágio pouco desenvolvido destas atividades nos municípios. A atividade produtiva agrícola de alguns produtos destina-se, geralmente, à subsistência (CHESF et al., 1999).

A avaliação geral da indústria na área de Xingó revela a quase inexistência de atividade que possa ser considerada de relevância econômica. Isto pode ser atribuído à completa ausência de condições mínimas de fomento para o capital privado, apesar da área dispor de dotações excepcionais no tocante a dois insumos básicos para vários segmentos da indústria: energia e abundância de água. A baixa qualificação dos recursos humanos, as precárias condições da infra-estrutura e a pouca articulação das políticas de desenvolvimento, tornam a região muito pouco atraente para investimentos industriais (CHESF et al., 1999).

### **3.3.1.6 – Educação**

A análise da situação educacional de Xingó evidencia, em resumo, a baixa qualidade do ensino, bem como a sua baixa cobertura, além da evasão e repetência escolar elevadas. Isto sinaliza, que deve haver formas mais arrojadas de intervenção do setor público, no sentido de universalização do ensino de qualidade em todos os níveis (CHESF et al., 1999).

### **3.3.1.7 – Indicadores de qualidade de vida**

Em consulta aos dados publicados pelo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), verificou-se que vem ocorrendo uma ascensão do ICV (Índice de Condição de Vida) e do IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), ao longo do tempo, dos municípios da área de Xingó. Contudo, no contexto do cenário nacional, eles aparecem numa modesta posição: Entre 5507 municípios brasileiros, o melhor colocado é o

município de Paulo Afonso-BA, ocupando a 2643<sup>a</sup> posição e o pior colocado, Poço Redondo-SE, ocupando a 5394<sup>a</sup> posição. No entanto, cabe mencionar que as estatísticas utilizadas possuem limitações, como quaisquer outras que se proponham a medir condições de vida e desenvolvimento humano. Em primeiro lugar, porque utilizam eventos quantitativos para medir dimensões qualitativas e da vida; segundo, porque tais indicadores são obtidos através de dados com datas específicas, gerando uma visão estática da realidade, um corte no tempo.

### **3.3.2 – Perfil do saneamento ambiental**

#### **3.3.2.1 – Abastecimento de água**

Das 29 sedes municipais que integram a área de atuação do Instituto Xingó, apenas Tacaratu-PE e Macururé-BA são abastecidas por águas subterrâneas. As demais são abastecidas, através de captações superficiais, situadas na calha do rio São Francisco. O fornecimento de água da cidade de Macururé é de responsabilidade da prefeitura, sendo que os serviços de manutenção são efetuados pela CERB (Companhia de Engenharia Rural da Bahia). A CHESF responsabiliza-se por este serviço no município de Jatobá. Nas 27 demais sedes municipais, o abastecimento de água fica sob responsabilidade de concessionárias, como mostra a Tabela 3.3. Esta tabela também mostra outras informações (localização da captação de água, o tipo e a localização da ETA).

Tabela 3.3: Informações gerais sobre o abastecimento de água nas sedes municipais da área de Xingó.

| Sede municipal           | Concessionária responsável pelo abastecimento de água | Localização da captação para abastecimento                               | Localização da ETA  | Tipo de ETA  |
|--------------------------|---|--|---|--------------|
| Água Branca              | CASAL   | Povoado de Salgado em Delmiro Gouveia <sup>(1)</sup>                     | Delmiro Gouveia   | Compacta     |
| Delmiro Gouveia          | CASAL   | Povoado de Salgado em Delmiro Gouveia <sup>(1)</sup>                     | Delmiro Gouveia   | Compacta     |
| Olho d'Água do Casado    | CASAL   | Povoado de Salgado em Delmiro Gouveia <sup>(1)</sup>                     | Delmiro Gouveia   | Compacta     |
|                          |   | Olho d'Água do Casado  | Olho d'Água do Casado                                     | Compacta     |
| Pão de Açúcar            | CASAL   | Pão de Açúcar  | Pão de Açúcar   | Convencional |
| Pariconha                | CASAL   | Povoado de Salgado em Delmiro Gouveia <sup>(1)</sup>                     | Delmiro Gouveia   | Compacta     |
| Piranhas                 | CASAL   | Piranhas <sup>(2)</sup>  | -----   | Não possui   |
| Abaré                    | EMBASA  | Abaré  | Abaré   | Compacta     |
| Chorrochó                | EMBASA  | Barra do Tarrachil em Chorrochó  | Barra do Tarrachil em Chorrochó                           | Compacta     |
| Curaçá                   | SAAE  | Curaçá   | Curaçá  | Compacta     |
| Glória                   | EMBASA  | Glória   | Glória  | Compacta     |
| Paulo Afonso             | EMBASA  | Paulo Afonso <sup>(3)</sup>  | Paulo Afonso  | Convencional |
| Rodelas                  | SAAE  | Rodelas  | Rodelas   | Compacta     |
| Belém do São Francisco   | COMPESA   | Belém do São Francisco   | Belém do São Francisco                                    | Convencional |
| Cabrobó                  | COMPESA   | Cabrobó <sup>(4)</sup>   | Cabrobó   | Compacta     |
|                          |   | Cabrobó <sup>(5)</sup>   | Cabrobó   | Compacta     |
| Floresta                 | COMPESA   | Floresta   | Floresta  | Compacta     |
| Itacuruba                | COMPESA   | Itacuruba  | Itacuruba   | Compacta     |
| Jatobá                   | COMPESA   | Jatobá   | Jatobá  | Compacta     |
| Orocó                    | COMPESA   | Orocó  | Orocó   | Compacta     |
| Petrolândia              | COMPESA   | Petrolândia  | Petrolândia   | Convencional |
| Santa Maria da Boa Vista | COMPESA   | Santa Maria da Boa Vista   | Santa Maria da Boa Vista                                  | Compacta     |
| Terra Nova               | COMPESA   | Cabrobó <sup>(5)</sup>   | Terra Nova  | Compacta     |
| Canindé do São Francisco | DESO  | Canindé do São Francisco   | Canindé do São Francisco                                  | Compacta     |
| Gararu                   | DESO  | Gararu   | Gararu  | Compacta     |
| Monte Alegre de Sergipe  | DESO  | Ilha do Ouro em Porto da Folha <sup>(6)</sup>                            | Porto da Folha  | Compacta     |
| Nossa Senhora da Glória  | DESO  | Ilha do Ouro em Porto da Folha <sup>(6)</sup>                            | Porto da Folha  | Compacta     |
|                          |   | Próxima do povoado de São José em Amparo do São Francisco <sup>(7)</sup> | Próxima do povoado de São José em Amparo do São Francisco | Compacta     |
| Poço Redondo             | DESO  | Ilha do Ouro em Porto da Folha <sup>(6)</sup>                            | Porto da Folha  | Compacta     |
| Porto da Folha           | DESO  | Ilha do Ouro em Porto da Folha <sup>(6)</sup>                            | Porto da Folha  | Compacta     |

<sup>(1)</sup> O sistema coletivo do Sertão abastece as cidades de Água Branca, Canapi, Delmiro Gouveia, Inhapi, Mata Grande, Olho d'Água do Casado, Pariconha, além de vários povoados.

<sup>(2)</sup> A água para abastecimento da sede do município de Piranhas recebe apenas hipoclorito de sódio ou Hypocal, aplicados na EE. Para abastecer os bairros Xingó e Nossa Senhora da Saúde, faz-se a captação a montante da UHE Xingó. A água é aduzida por recalque até uma ETA, onde se efetua o tratamento.

<sup>(3)</sup> A cidade de Paulo Afonso possui duas captações para o seu abastecimento.

<sup>(4)</sup> captação individual para atender apenas Cabrobó.

<sup>(5)</sup> O sistema coletivo Salgueiro atende às cidades de Cabrobó, Parnamirim, Salgueiro, Serrita, Terra Nova, Umãs e Verdejante.

<sup>(6)</sup> O sistema coletivo Alto Sertão abastece as cidades de Porto da Folha, Poço Redondo, Monte Alegre de Sergipe, São Miguel do Aleixo, Nossa Senhora Apararecida, Nossa Senhora da Glória, Frei Paulo, Pedra Mole, Pinhão e Pedro Alexandre (BA), além de 56 povoados.

<sup>(7)</sup> O sistema coletivo Adutora Sertaneja abastece as cidades de Amparo do São Francisco, Canhoba, Nossa Senhora das Dores, Nossa Senhora das Dores, Itabi, Graccho Cardoso, Cumbe, Feira Nova, Nossa Senhora da Glória, Carira, Aquidabã, além de povoados do município de Gararu e mais 73 outros povoados.

Algumas precariedades comuns foram identificadas nos sistemas de abastecimento de água da área avaliada, durante os levantamentos de campo. Estas envolviam, principalmente:

- (i) Deficiências na preservação das instalações das unidades do sistema de abastecimento - ausência de tela protetora de reservatórios; má conservação unidades de tratamento em ETAs; hidrômetros inutilizados, entre outros.
- (ii) Desperdícios de água e ausências ou ineficiências relacionadas à fiscalização do conjunto do abastecimento de água - desperdícios de água, ação de vândalos em tubulações, principalmente as de PVC; hidrômetros sem cobertura e com cobertura improvisada, vazamentos na rede, operadores sem utilização de equipamento de proteção; facilidade de acesso de animais às instalações, inclusive animais peçonhentos, intermitências no fornecimento de água, entre outros. Algumas deficiências comuns são vistas na Figura 3.1.

Segundo Araújo (2001), se as perdas de água vão além de valores aceitáveis (20% em sistemas de pequeno porte e 30% em sistemas de grande porte), podem ocorrer problemas de funcionamento e, com isso exigir a pesquisa de vazamentos invisíveis, ligações clandestinas e outras perdas. De acordo com os levantamentos efetuados no sistema de abastecimento de água na área de Xingó, esses sistemas operam com valores acima dos mencionados por esse autor, atingindo até cerca de 76% de perda de água no sistema de abastecimento de água de Petrolândia. Só com o montante de água aduzida até a ETA da cidade de Pão de Açúcar, perde-se entre 30 e 40% de água (lavagem de filtros, lavagem de decantadores e extravasamento de reservatórios).



(a) Adutora de água bruta de PVC avariada, devido à prática de furto (Itacuruba-PE).



(b) Vazamento em adutora de água bruta (Rodelas-BA)



(c) Estrutura deteriorada de um filtro de ETA (Glória-BA)



(d) Combogós em via pública, servindo de proteção para hidrômetro (Monte Alegre de Sergipe-SE)



(e) Ofídio peçonhento em estação elevatória (Macururé-BA)



(f) Tubulação de alimentação do clorador desconectada (Petrolândia)

Figura 3.1: Algumas deficiências comuns, envolvendo o abastecimento de água na área de Xingó.

Os gráficos da Figura 3.2, plotados com os dados do IBGE (2001a), do Censo 2000, fornecem uma panorâmica sobre a forma do abastecimento de água dos 29 municípios da área pesquisada. Os resultados indicam que a forma predominante de abastecimento de água é aquela que ocorre através da rede geral, com um total de 95256 domicílios (69,23% do total de domicílios que é de 137.787 domicílios).

Embora esta estatística do IBGE tenha a sua relevância, ela não contempla questões, tais como a quantidade per capita, a qualidade da água distribuída e as intermitências no abastecimento.

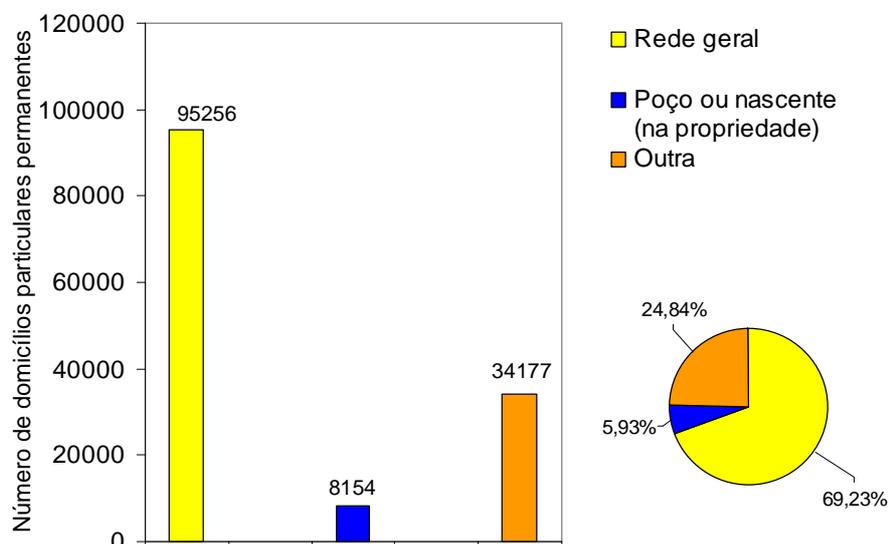


Figura 3.2: Domicílios particulares, na área de Xingó, por forma de abastecimento de água. (Fonte: IBGE, 2001a).

### 3.3.2.2 – Esgotamento sanitário

Nos municípios da área alvo desta pesquisa, as prefeituras, através normalmente de suas Secretarias de Obras ou das Secretarias de Infra-Estrutura, responsabilizam-se pelas questões pertinentes ao esgotamento sanitário municipal. No entanto, no município de Piranhas o responsável é a CASAL e em Curaçá é o SAAE (autarquia municipal).

As cidades de Pão de Açúcar, Piranhas, Chorrochó e Monte Alegre de Sergipe não possuem rede coletora de esgoto. Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado, Pariconha, Glória, Macururé, Belém do São Francisco, Orocó, Tacaratu, Terra Nova, Nossa Senhora da Glória e Poço Redondo possuem menos de 50% das casas conectadas à rede pública de esgoto. O efluente sanitário das casas não ligadas à rede de esgoto tem como destino o terreno e/ou fossa. Verificou-se que várias cidades utilizavam o rio São Francisco e/ou os seus afluentes para diluir seus esgotos sem tratamento. Na Figura 3.3 são vistos alguns desses pontos de lançamento do esgoto bruto. Algumas cidades

possuem lagoas de estabilização, construídas para processar a depuração dos efluentes líquidos gerados: bairros Nossa Senhora da Saúde e Xingó no município de Piranhas, Curaçá, Rodelas, Floresta, Jatobá, Itacuruba, Petrolândia e Canindé do São Francisco. Entretanto, constatou-se que algumas estavam em pleno abandono e/ou funcionavam em condições inadequadas, como mostra a Figura 3.4. Em Paulo Afonso, maior cidade da área, apenas os bairros Clériston Andrade e Jardim Aeroporto possuem coleta e tratamento de esgoto (reator UASB).



(a) Rio Capivara (Porto da Folha)



(b) Rio Jacaré (Poço Redondo)



(c) Rio do Açude (Delmiro Gouveia)



(d) Rio São Francisco (Gararu)

Figura 3.3: Alguns locais de lançamento de esgoto bruto de cidades da área de Xingó no São Francisco e seus afluentes.

Outras situações inadequadas e comuns, relacionadas com o esgotamento sanitário na área de estudo, são visualizadas na Figura 3.5.



(a) Lagoa de estabilização abandonada (Itacuruba)



(b) Lagoa de estabilização abandonada (Canindé do São Francisco)



(c) Pescaria com tarrafa em lagoa de estabilização (Piranhas)



(d) Emissário de lagoa de estabilização avariada (Rodelas)

Figura 3.4: Algumas lagoas de estabilização abandonadas ou com utilização inadequada na área de Xingó.



(a) Dano em rede coletora (Glória)



(b) Caixa de passagem com ferragem exposta (Terra Nova)



(c) Escoamento de esgoto (Pariconha)



(d) Lavagem de roupa próxima próxima de local de despejo de esgoto (Gararu)

Figura 3.5: Situações inadequadas, envolvendo o esgotamento sanitário na área de Xingó.

Segundo os dados apresentados nos gráficos da Figura 3.6, uma parcela expressiva das residências dos municípios da área de Xingó nos 4 estados não dispõe de instalações sanitárias (não possuem banheiro nem sanitário). Outros meios rudimentares e arcaicos são utilizados no esgotamento dos municípios desta região, tais como fossa rudimentar (25,85% dos domicílios) e vala (1,65% dos domicílios).

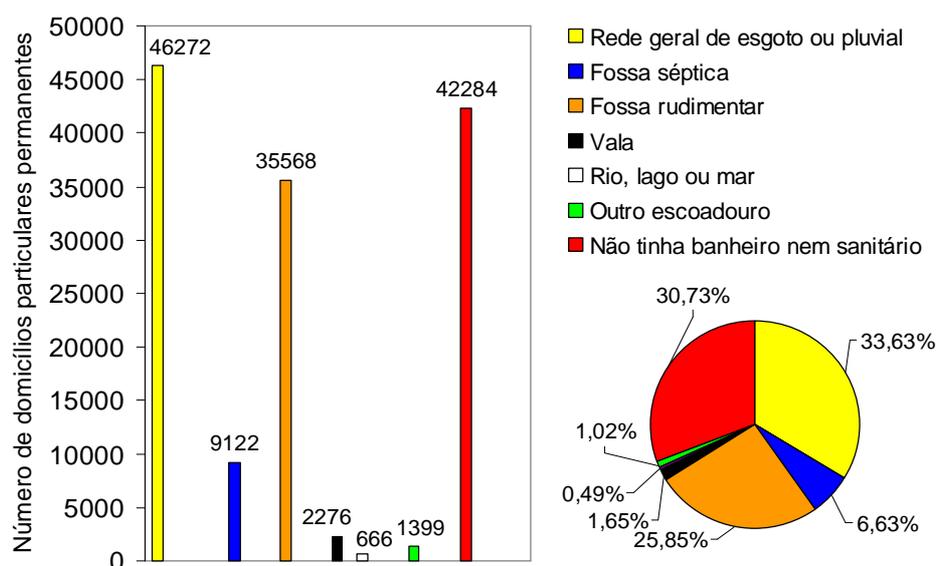


Figura 3.6: Situação domiciliar, quanto ao esgotamento sanitário na área de Xingó. (Fonte: IBGE, 2001a).

De acordo com dados do IBGE (2001a), 46.272 domicílios na área de Xingó estão ligados à rede geral de esgoto ou pluvial. Dentre os tipos de esgotamento sanitário, este é o que apresenta maior percentual (33,63%) na área de Xingó. Um percentual expressivo (30,73%) dos domicílios não dispõe de banheiro nem sanitário. Meios rudimentares e arcaicos são utilizados no esgotamento desses municípios, tais como fossa rudimentar e vala. Vale salientar que esse indicador do tipo de esgotamento sanitário refere-se apenas à sua disponibilidade, não incluindo as condições de funcionamento e conservação dos serviços e instalações, nem o destino final dos dejetos.

### 3.3.2.3 – Drenagem urbana

De acordo com os levantamentos, na ampla maioria dos casos, verificou-se que não havia um planejamento quanto à drenagem urbana nas

idades da área de Xingó. Assim sendo, via de regra, o escoamento das águas pluviais ocorre no calçamento das ruas, a maioria desprovida de bocas de lobo, galerias de águas pluviais e bueiros, entre outras obras d'arte. Muitas vias públicas não são calçadas ou apresentam calçamento bastante precário. Um exemplo de exceção quanto a isso, foi o bairro Xingó no município de Piranhas-AL. Nesta localidade o sistema de drenagem compunha-se de bocas de lobo, sarjetas, galerias de águas pluviais, concentrados nos pontos de mais baixa cota e todas as ruas são calçadas. Na Figura 3.7 são vistas algumas deficiências no que concerne a drenagem urbana na área em estudo.



(a) Valetas ocasionadas por Erosão (Água Branca)



(b) Canal com resíduos sólidos (Delmiro Gouveia)



(c) Canal na iminência de transbordar (Cabrobó)



(d) Galeria de águas pluviais que recebe esgoto de ligações clandestinas (Canindé do São Francisco)



(e) Calçamento irregular (Monte Alegre de Sergipe)



(f) Boca de lobo obstruída (Nossa Senhora da Glória)

Figura 3.7: Problemas relacionados à drenagem urbana na área de Xingó.

### 3.3.2.4 – Limpeza pública

Em geral, nos municípios da área alvo desta pesquisa, a prefeitura, através normalmente da Secretaria de Obras ou da Secretaria de Infra-Estrutura responsabiliza-se pelas questões pertinentes à limpeza urbana municipal. Os serviços de coleta dos resíduos sólidos restringem-se, em grande parte dos municípios, à zona urbana. Os resíduos sólidos urbanos, na maioria das cidades da área de Xingó, são lançados em terrenos, onde ficam expostos, numa situação bastante precária.

Algumas cidades, no entanto, como é o caso de Delmiro Gouveia (uma parte), Pão de Açúcar, os resíduos sólidos recolhidos são enviados para uma usina de reciclagem e compostagem, embora operem com condições aquém do ideal, devido a uma falta de uma melhor infra-estrutura e de recursos humanos de melhor qualificação técnica. Pão de Açúcar dispõe, além de uma usina de reciclagem, um aterro controlado. As cidades de Paulo Afonso, que conta com uma usina de reciclagem e Petrolândia, com um aterro sanitário, no âmbito das cidades da área de Xingó, são as que dispõem de melhores condições de infra-estrutura, no tocante ao tratamento e disposição do lixo urbano. A Figura 3.8 retrata algumas das situações inadequadas e comuns, com relação aos resíduos sólidos na área de Xingó.

A partir de dados sobre o destino dos resíduos sólidos dos municípios da área de Xingó, obtidos do IBGE (2001a), foram plotados os gráficos da Figura 3.9. A forma predominante de destino do lixo na área de Xingó é aquela em que, os resíduos sólidos são coletados por serviço de limpeza, com 630.009 (45,80% do total de domicílios na área de Xingó) domicílios enquadrando-se nessa situação.

Esse indicador utilizado pelo IBGE, no entanto, refere-se apenas à disposição de serviços regulares de coleta de lixo domiciliar. Porém, não inclui as condições de funcionamento, assiduidade, volume transportado e forma de tratamento dos resíduos sólidos.



(a) Veículo de limpeza urbana inutilizado por falta de pneus (Curaçá)



(b) Suínos em lixo colocado em via pública (Chorrochó)



(c) Entulhos em local impróprio (Belém do São Francisco)



(d) Depósito de lixo próximo de curso d'água (Olho d'Água do Casado)



(e) Catadores descalços em lixão (Monte Alegre de Sergipe)



(f) Lixo hospitalar exposto (Abaré)

Figura 3.8: Situações inadequadas relacionados aos resíduos sólidos na área de Xingó.

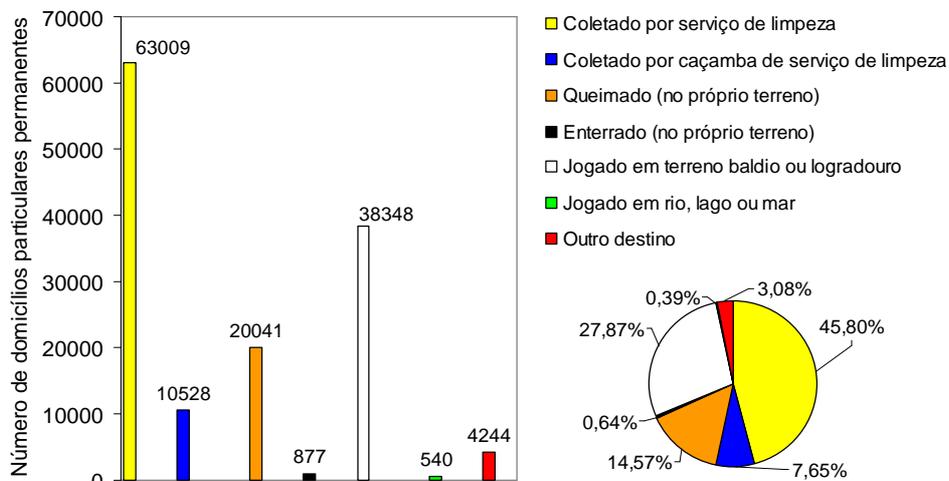


Figura 3.9: Situação domiciliar, quanto ao destino dos resíduos sólidos, na área de Xingó. (Fonte: IBGE, 2001a).

Segundo Perazzo et al. (2002), um estudo realizado pelo GRS-UFPE (Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco) sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos de 3 cidades (Jatobá, Petrolândia e Tacaratu) da área de Xingó, verificou-se que, quanto à origem dos resíduos sólidos, a de origem domiciliar predomina. Além disso, a composição dos resíduos sólidos gerados era, predominantemente, composta por matéria orgânica, com os seguintes valores: 54,20% em Jatobá, 61,40% em Petrolândia e 61,40% em Tacaratu.

Muniz et al. (2001) informam que, no Brasil, do total de resíduos sólidos urbanos produzidos, cerca de 65% são constituídos de matéria orgânica putrescível. Este material orgânico pode causar poluição, contaminando a população mais carente que reside na periferia dos centros urbanos.

### **3.3.2.5 – Saúde pública**

Para Longuinho (2002), o programa de municipalização da saúde no Brasil representa um avanço, em termos das políticas públicas adotadas, pois considera o município como ente fundamental no processo decisório de aplicação dos recursos. A maior participação do município no planejamento e execução dos recursos da saúde pública pode conduzir a uma elevação da eficiência das políticas públicas, uma vez que, com o deslocamento do processo decisório para fim da cadeia (município), a sociedade poderá dispor com mais facilidade de instrumentos legais que a possibilitem influir na formatação das políticas a serem adotadas, reduzindo a sua possibilidade de falha, além do que, eleva a capacidade de controle por parte da sociedade, que é a principal beneficiária das políticas públicas.

Com relação à municipalização da saúde nos municípios da área de Xingó, via de regra, esta aconteceu na década de 90.

Através de levantamentos realizados junto à Secretaria de Saúde de cada um dos 29 municípios, foram constatados os seguintes principais problemas na área de saúde nos 29 municípios:

- (i) Baixa resolutividade (incapacidade de solucionar casos de saúde, que possuem uma certa complexidade, levando ao deslocamento do paciente para ser tratado em outras unidades, até mesmo localizadas em outro município, com condições para tal atendimento) e infra-estrutura deficitária das unidades de saúde.
- (ii) Carência de profissionais na área de saúde.
- (iii) Número elevado de mortes por causa desconhecida (com um ápice de 94,1% em Olho d'Água do Casado).
- (iv) Frequentes altas taxas de mortalidade infantil (acima do índice aceitável da ONU, que é de até 20 óbitos para cada 1000 nascidos vivos), atingindo um ápice no município de Olho d'Água do Casado (171,6‰). As principais causas são a desnutrição e as deficiências no saneamento básico.
- (v) Número elevado de doenças de veiculação hídrica como, por exemplo, cerca de 1200 casos de diarreia notificados por ano, ocorridos em Tacaratu-PE em 2001.

De acordo com as informações obtidas junto à Secretaria de Saúde dos municípios pesquisados, os agravos à saúde da população estão relacionados, principalmente, à baixa renda familiar, às carências nutricionais, à saúde pública e ao saneamento deficitários.

### **3.3.2.6 – Fontes de degradação do meio ambiente**

De acordo com os estudos efetuados na área de abrangência do Instituto Xingó, as principais fontes geradoras de poluentes são:

- (i) Os resíduos sólidos e líquidos sem tratamento ou com tratamento deficiente têm contribuído para a degradação do meio ambiente, sobretudo a fauna, a flora, o solo e os recursos hídricos subterrâneos e superficiais (rio São Francisco e afluentes).
- (ii) Despejo do efluente industrial de uma indústria têxtil na cidade de Delmiro Gouveia, parcialmente tratado, em um rio afluente do São Francisco, gerando transtornos, principalmente à população ribeirinha, ocorrendo, inclusive a mortandade de peixes.
- (iii) Liberação de gases de fábricas, especialmente em Paulo Afonso, cidade

mais avançada da área de Xingó, do ponto de vista industrial.

(iv) Estabelecimentos comerciais, tais como postos de gasolina, lava-jatos, matadouros públicos, padarias, bares e restaurantes, entre outros.

(v) Rejeitos gerados por dessalinizadores que são descartados indiscriminadamente no meio ambiente, favorecendo o processo de dessalinização do solo e dos corpos hídricos.

(vi) Práticas inadequadas de irrigação, propiciando a salinização do solo e de corpos hídricos.

(vii) Utilização indiscriminada de agrotóxicos, principalmente no perímetro irrigado Califórnia em Canindé do São Francisco, sem conhecimento adequado sobre dosagem, preparação e aplicação, além de se verificar a ausência de equipamento de proteção quando na aplicação. O destino de parte desses agrotóxicos é, devido à lavagem de plantas e do solo pelas águas de precipitação ou de irrigação, os cursos d'água e drenos naturais que compõem principalmente a sub-bacia do riacho da Onça, afluente do rio São Francisco.

(viii) Poluição agropastoril, oriunda da presença de animais nos rios e riachos.

(ix) Animais mortos em cursos de água ou próximos destes e cemitérios em locais inadequados, que como se sabe, geram o necrochorume, que contém elevado teor de metais pesados, patógenos, entre outras substâncias prejudiciais ao meio ambiente.

Através do cruzamento de séries temporais de imagens de satélite do período compreendido entre 1989 a 2003 e dados demográficos (Censo do IBGE 2000), Freire (2004) estabeleceu uma metodologia para detecção de áreas de risco e passíveis de desertificação em seis municípios (Olho d'Água do Casado-AL, Pão de Açúcar-AL, Piranhas-AL, Canindé do São Francisco-SE, Poço Redondo-SE e Porto da Folha-SE) circunvizinhos à UHE Xingó. Pesquisas de campo validaram os resultados obtidos em laboratório, apoiados em extensa literatura sobre os indicadores de desertificação. Nesse estudo, o autor constatou uma significativa devastação da caatinga, aumento de solo exposto e diminuição de áreas agropastoris na área de estudo. Dos 4405 km<sup>2</sup> da área de estudo, cerca de 985 km<sup>2</sup> (22,37%) apresentaram problemas ambientais significativos, quanto ao risco de desertificação. Estes resultados também são apresentados por Freire e Pacheco (2005).

Algumas das formas de degradação do meio ambiente na área pesquisada são vistas na Figura 3.10.



(a) Despejo em rio oriundo de matadouro (Canindé do São Francisco-SE)



(b) Culturas no Perímetro Califórnia, com uso de agrotóxico (Canindé do São Francisco-SE)



(c) Emissão de gases de fábrica de cerâmicas (Paulo Afonso-BA)



(d) Efluente de indústria têxtil lançado em rio (Delmiro Gouveia-AL)



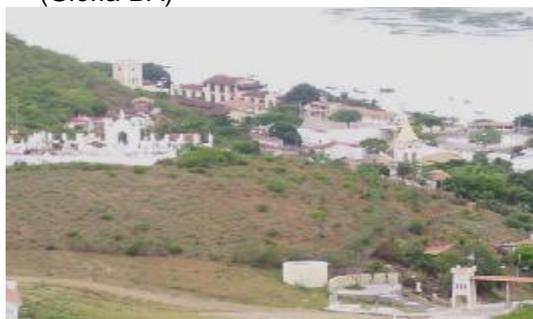
(e) Popular atendo fogo (Paulo Afonso-BA)



(f) Bar na margem do rio São Francisco (Glória-BA)



(g) Poluição agropastoril no rio Jacaré (Poço Redondo-SE)



(h) Cemitério localizado acima da cidade (Piranhas-AL)

Figura 3.10: Algumas formas que contribuem para a degradação do meio ambiente na área de Xingó.

### 3.4 – CONCLUSÕES

De acordo com estatísticas do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), os indicadores ICV e IDH dos municípios da área de Xingó vêm ascendendo no transcorrer dos anos, o que de certa forma ofusca a realidade das precárias condições de vida na área de Xingó. Mesmo com essa ascensão, os municípios da área situam-se numa posição modesta no cenário nacional. Vale observar que as estatísticas utilizadas possuem limitações, como quaisquer outras que se proponham a medir condições de vida e desenvolvimento humano. Em primeiro lugar, porque utilizam eventos quantitativos para medir dimensões qualitativas e da vida; segundo, porque tais indicadores são obtidos através de dados com datas específicas, gerando uma visão estática da realidade, um corte no tempo.

Visitas *in loco* às localidades de interesse da pesquisa e de consultas a órgãos oficiais possibilitaram uma obtenção do perfil sanitário, inclusive detectar deficiências no tocante ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública, drenagem urbana e serviços de saúde. Além disso, essa investigação permitiu a identificação das principais fontes geradoras de poluição.

No setor de abastecimento de água da área pesquisada constatou-se, com frequência, deficiências que envolviam a má preservação de unidades do sistema de abastecimento, desperdícios de água e fiscalização ausente. Os sistemas de abastecimento de água existentes na área de Xingó operam, comumente, com perdas d'água superior a valores considerados aceitáveis por Araújo (2001) (20% em sistemas de pequeno porte e 30% em sistemas de grande porte).

No tocante ao esgotamento sanitário, algumas cidades não são servidas por rede coletora (Pão de Açúcar, Piranhas, Chorrochó e Monte Alegre de Sergipe) e algumas apresentam uma cobertura inferior a 50% (Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado, Pariconha, Glória, Macururé, Belém do São Francisco, Orocó, Tacaratu, Terra Nova, Nossa Senhora da Glória e Poço

Redondo). Algumas cidades possuem unidades destinadas ao tratamento, sendo que em algumas delas, estas unidades encontram-se abandonadas ou funcionando precariamente. Essa situação encontrada tem acarretado o lançamento desses resíduos líquidos no solo e nos corpos hídricos da bacia do rio São Francisco.

Na quase totalidade das cidades, o escoamento das águas pluviais ocorre com a ausência de planejamento. Situações inadequadas, tais como a presença de resíduos sólidos e escoamento de águas residuárias, em unidades integrantes do sistema de drenagem das cidades, entre outros problemas puderam ser constatados, durante as visitas de campo.

Via de regra, os resíduos sólidos vêm sendo dispostos em depósitos a céu aberto. Algumas cidades, como Delmiro Gouveia e Pão de Açúcar dispõem de usina de reciclagem e compostagem que, no entanto, requerem melhorias. Petrolândia com um aterro sanitário e Paulo Afonso com sua usina de reciclagem são as cidades que possuem uma melhor infra-estrutura, no tocante ao tratamento e disposição do lixo.

A fragilidade do nível de saúde na área de Xingó é evidenciada pela: baixa resolutividade, infra-estrutura deficitária das unidades de saúde; a insuficiência de profissionais na área de saúde, o número elevado de mortes por causa desconhecida (atingiu um ápice em Olho d'Água do Casado, com 94,1%), as altas taxas de mortalidade infantil (geralmente ultrapassam o índice aceitável da ONU, que é de até 20 óbitos para cada 1000 nascidos vivos, com um valor máximo em Olho d'Água do Casado, com 171,6‰), além do número elevado de doenças de veiculação hídrica como, por exemplo, cerca de 1200 casos de diarreia notificados por ano, ocorridos em Tacaratu-PE em 2001.

### **3.5 – RECOMENDAÇÕES**

Sugere-se criar instrumentos de incentivos fiscais para as empresas e órgãos públicos não poluírem o meio ambiente.

Sugere-se investir em estudos de verificação da viabilidade do estabelecimento de consórcios intermunicipais. Esses consórcios consistem em um acordo firmado entre municípios, visando à realização de interesses e objetivos comuns, nas diversas áreas do saneamento. Isso dar-se-ia, mediante a utilização de recursos humanos e materiais de cada integrante do consórcio, para atender às necessidades, que isoladamente, não conseguiriam.

Intensificar a eficácia da integração das ações de saneamento com outras políticas públicas. A implementação dessa integração requer uma articulação no nível de cada política setorial e dos órgãos responsáveis pela coordenação global das políticas, como os de planejamento, no nível dos conselhos, onde pode verificar-se a participação da população.

Promover o fortalecimento da educação ambiental e mobilização social, através de diversas ações:

- (i) Capacitação de educadores da rede ensino, para a identificação de temas ambientais nos conteúdos curriculares.
- (ii) Elaboração de material educativo e de comunicação para subsidiar ações de educação ambiental.
- (iii) Difundir as informações contidas no material educativo, por intermédio de diversos veículos de comunicação.

### **3.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAÚJO, F.A.S. Avaliação de perdas em setor de abastecimento de água no distrito de Cruz de Rebouças. 135 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco/CTG, Recife-PE. 2001.

CHESF; SUDENE; CNPQ; UFPE; FADE; IPEA. I Plano diretor de Xingó 2000-2004. Recife: 1999, 519 p. 1 CD-ROM.

FREIRE, N.C.F. Desertificação na Região de Xingó: mapeamento e análise espectro-temporal. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e

Tecnologia da Geoinformação). Universidade Federal de Pernambuco/CTG, Recife-PE. 2004.

FREIRE, N.C.F.; PACHECO, A.P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 525-532.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo Demográfico 2000 - Características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 2001a, v. 1.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Sinopse preliminar do censo demográfico 2000. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 2001b, v. 7.

LAHÓZ, F.C.C. Uma experiência em mobilização para a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos. In: IX SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

LONGUINHOS, M.A.A. Análise do programa de municipalização da saúde: o caso do município de Vitória da Conquista-BA. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC. 2002.

MUNIZ, A.C.S; BRITO, A.L.F.; LEITE, U.D.; PRASAD, S. Eficiência de transformação de carbono total e nutrientes no processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos. In: 21<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. 1 CD-Rom.

PERAZZO, G.M; KATO, M.T.; FLORENCIO, L. Avaliação do saneamento ambiental em 29 municípios na região do semi-árido, Nordeste do Brasil. In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, Cancún–México. Anais... Cancún-México: ABES, 2002. 1 CD-ROM.

## CAPÍTULO 4

### LEVANTAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS DOTADOS DE DESSALINIZADOR NA ÁREA DE XINGÓ

**RESUMO:** A área de Xingó abrange uma área de 45492 km<sup>2</sup>, com 34 municípios totalmente inseridos no “Polígono das Secas”. Dessalinizadores têm sido instalados nessa região, a fim de incrementar a oferta hídrica. Foi realizado um levantamento, com relação aos dessalinizadores existentes nesta área. Constatou-se que a maioria desses equipamentos não estava produzindo água dessalinizada devido, principalmente, à falta de importância dada à questão da sua correta manutenção e operação. A qualidade de água de 4 poços com dessalinizador (Areias, Poço Redondo-SE; Aroeira e Minuim, Santa Brígida-BA; e Icozeira, Abaré-BA) foi monitorada. Com relação ao permeado produzido, alguns parâmetros de qualidade de água (cor aparente, turbidez e dureza total) sempre atenderam aos padrões de potabilidade. No entanto, outros parâmetros, tais como pH do permeado produzido nos dessalinizadores instalados em Aroeira e Icozeira e o STD e a concentração de cloreto do permeado produzido pelo dessalinizador instalado em Areias, nem sempre atenderam aos padrões de potabilidade. Não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes na maioria das amostras do permeado, porém convém efetuar a desinfecção antes de ser consumido. Foram coletadas amostras de solo no local de disposição dos rejeitos provenientes dos dessalinizadores monitorados. Constatou-se que o despejo indiscriminado é prejudicial ao solo.

**Palavras-chave:** dessalinizadores, qualidade de água, rejeito, área de Xingó

**ABSTRACT:** The Xingó area comprises 45492 km<sup>2</sup> with 34 municipalities. It is entirely located in the so-called “Drought Polygon”. Water desalinators have been installed, for increasing the water offer in this area. A survey about the situation of these units of desalination was accomplished. It was found that most of them were not producing desalting water, due to the lack of suitable technical operations and maintenance. The water quality of 4 wells with

desalinador (Areias, Poço Redondo-SE; Aroeira e Minuim, Santa Brígida-BA; e Icozeira, Abaré-BA) was monitored. With regard to the permeate produced, some water quality parameters (apparent colour, turbidity, and total hardness) always met the water quality standards. However, some parameters not always met, such as pH of the permeate produced by desalinators installed in Aroeira and Icozeira, and TDS and chloride concentration of the permeate produced by desalinador installed in Areias. In most of the analysis the presence of thermotolerant coliforms were not detected; however, the permeate must be disinfected before consumption. Soil samples were collected in the disposal site of water desalinators wastes. It was found that the indiscriminate discharge is harmful to soil.

**Key words:** water desalinators, water quality, desalinators wastes, Xingó area

#### 4.1 – INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior parte do semi-árido nordestino, cerca de 600.000 km<sup>2</sup>, é constituída por terrenos cristalinos. A associação nesta região de baixas precipitações, distribuição irregular das chuvas, delgado manto intempérico, quando não ausente, e cobertura vegetal esparsa, especialmente no bioma caatinga, favorece o escoamento superficial, em detrimento da infiltração. Assim, no cristalino do semi-árido brasileiro, os poços para abastecimento de água, muito comumente, apresentam vazões entre 1 e 3 m<sup>3</sup>/h e elevado conteúdo salino, comumente, acima dos padrões de potabilidade. Apesar disso, em muitas pequenas comunidades, esses poços constituem a única fonte de abastecimento disponível. Em geral, a qualidade química da água nos terrenos cristalinos é boa. Os problemas, quando existentes, relacionam-se à elevada salinidade, que é típica dos aquíferos do cristalino do semi-árido nordestino e à elevada dureza da água e salinidade, observadas em algumas áreas de ocorrência das rochas calcárias (ANA, 2005). Diante dessa realidade, foi dada grande atenção aos programas de dessalinização, o que permitiu a exploração de águas subterrâneas, por meio da instalação de dessalinizadores no semi-árido brasileiro, com a finalidade de converter água salgada ou salobra em água potável (MATOS et al., 2006).

Na área de Xingó foram instalados vários dessalinizadores. Neste trabalho são apresentados os resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas da água, de coletas realizadas em 4 poços com dessalinizador. Estes resultados são confrontados com os padrões de potabilidade. As águas analisadas foram a água de alimentação (bruta), o permeado e o rejeito. Também são apresentados os resultados de amostras de solo no local de lançamento do rejeito e a jusante deste. Estas unidades dessalinizadoras situam-se em Areias (Poço Redondo-SE), Aroeira (Santa Brígida-BA), Minuim (Santa Brígida-BA) e Icozeira (Abaré-BA).

## **4.2 – METODOLOGIA**

Foram efetuados levantamentos sobre poços que possuíam dessalinizador existentes nos municípios, onde o instituto Xingó exerce suas atividades. O objetivo dessas investigações foi escolher algumas unidades, que estivessem produzindo água dessalinizada, e determinar parâmetros de qualidade de água, além de parâmetros físico-químicos do solo no local de despejo do rejeito e a jusante deste. Na escolha das unidades, cujos resultados são aqui apresentados, foram levados em consideração questões relacionadas com a distância, acessibilidade e adequação ao roteiro e às atividades do projeto. No município de Poço Redondo-SE, além de levantamentos dos poços com dessalinização, foram levantados os poços de água sem dessalinizador existentes. Os levantamentos incluíram consultas às prefeituras e visitas de campo. No levantamento dos poços de água em Poço Redondo, também foi consultado Bomfim et al. (2002).

Os parâmetros condutividade elétrica, temperatura, STD (sólidos totais dissolvidos), pH, cor aparente e turbidez da água (água bruta, permeado e rejeito) dos 4 poços monitorados foram determinados com equipamentos portáteis. Foram utilizados recipientes de plástico com 1000 mL para as coletas, destinadas à determinação dos parâmetros alcalinidade, cloreto e dureza, no laboratório. No laboratório era efetuada uma limpeza nestes recipientes, com detergente neutro e água destilada. Após isso, no local de

coleta, os recipientes eram lavados 3 vezes, com a própria água a ser coletada, antes de sua coleta definitiva.

Foram adotados os seguintes procedimentos de coleta para os ensaios bacteriológicos:

(i) Foram utilizados recipientes autoclavados de boca larga, com capacidade de 250 mL, não tóxicos e estéreis.

(ii) O recipiente era destampado no momento da coleta, removendo a tampa e o material protetor (papel alumínio) conjuntamente, tendo o cuidado de não deixar que a tampa não tivesse contato em qualquer superfície, além de não tocar no bocal.

Os recipientes destinados aos ensaios físico-químicos e bacteriológicos eram identificados e colocados em uma caixa de isopor com gelo, com a função de preservar a qualidade da água neles armazenadas, durante o trajeto até o laboratório.

Na Tabela 4.1 consta a localização, o período de monitoramento da qualidade da água (água bruta, permeado e rejeito) dos 4 poços com dessalinizador estudados. Os parâmetros que foram determinados, o local de sua determinação e método empregado, são apresentados na Tabela 4.2. Todas as análises foram realizadas em conformidade com o que preconiza o APHA et al. (1998). O parâmetro cor aparente foi determinado apenas em março e abril de 2006, nas amostras coletadas no poço com dessalinizador de Areias, e de março a junho de 2006, nos poços com dessalinizador de Aroeira, Minuim e Icozeira.

Tabela 4.1: Localização e período de monitoramento da qualidade da água dos 4 poços com dessalinizador investigados.

| Localidade do poço com dessalinizador monitorado | Município     | Estado  | Período de monitoramento   |
|--|---------------|---------|--|
| Areias   | Poço Redondo  | Sergipe | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Julho a setembro de 2005 (semanalmente)</li> <li>• Outubro e novembro de 2005 (mensalmente)</li> <li>• Janeiro a abril de 2006 (mensalmente)</li> </ul> |
| Aroeira  | Santa Brígida | Bahia   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Janeiro a junho de 2006 (quinzenalmente)</li> </ul>   |
| Minuim   | Santa Brígida | Bahia   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Janeiro a junho de 2006 (quinzenalmente)</li> </ul>   |
| Icozeira   | Abaré         | Bahia   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fevereiro a junho de 2006 (quinzenalmente)</li> </ul>   |

Tabela 4.2: Parâmetros de qualidade determinados na água coletada nos 4 poços com dessalinizador monitorados, com o local de sua determinação e método utilizado.

| Parâmetro                             | Local de determinação          | Método          |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Alcalinidade                          | Laboratório do Instituto Xingó | Potenciométrico |
| Cloretos                              | Laboratório do Instituto Xingó | Titulométrico   |
| Coliformes (totais e termotolerantes) | Laboratório do Instituto Xingó | Tubos múltiplos |
| Condutividade elétrica                | Campo                          | Condutímetro    |
| Cor aparente                          | Campo                          | Colorímetro     |
| Dureza (total e cálcica)              | Laboratório do Instituto Xingó | Titulométrico   |
| pH                                    | Campo                          | Potenciométrico |
| Sólidos totais dissolvidos (STD)      | Campo                          | Condutímetro    |
| Temperatura                           | Campo                          | Leitura direta  |
| Turbidez                              | Laboratório do Instituto Xingó | Nefelométrico   |

O rendimento de cada um dos 4 dessalinizadores monitorados foi determinado, através da determinação da vazão do permeado produzido e do rejeito gerado no processo de dessalinização. Para isso, utilizou-se um balde graduado até 11 L e um cronômetro, onde foram efetuadas 30 leituras, pois os rotômetros (indicadores de vazão dos equipamentos dessalinizadores) apresentavam-se defeituosos e/ou o visor da leitura, devido às condições, não permitia a visualização. Esse procedimento foi realizado todas as vezes em que se determinava os parâmetros de qualidade de água destas unidades.

A fim de avaliar-se os impactos decorrentes do despejo do rejeito dos dessalinizadores, foram coletadas amostras de solo, com o emprego de trado, no local do despejo do rejeito dos dessalinizadores localizados em Areias, Aroeira, Minuim e Icozeira. Também foram coletadas amostras de solo, supostamente sem contato direto com o rejeito, a 50 e 100 m a jusante do despejo do dessalinizador de Areias e apenas a 50 m a jusante do despejo dos dessalinizadores de Aroeira, Minuim e Icozeira. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em Areias e de 0-40 cm em Aroeira, Minuim e Icozeira.

Os parâmetros determinados nas amostras coletadas de solo, com os respectivos locais de determinação e métodos utilizados constam na Tabela 4.3. As análises de solo foram realizadas usando-se a metodologia constante no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

Tabela 4.3: Parâmetros determinados no extrato de saturação do solo coletado no local de disposição do rejeito e a jusante deste, com o local onde foi realizada a sua determinação e o método utilizado.

| Parâmetro              | Local de determinação   | Método                                 |
|------------------------|---|--|
| Condutividade elétrica | Laboratório do Instituto Xingó                                    | Condutivímetro                         |
| pH                     | Laboratório do Instituto Xingó                                    | pHmetro                                |
| Sódio                  | Laboratório de Fertilidade do Solo (Depto. de Agronomia da UFRPE) | Fotometria de chama                    |
| Cálcio                 | Laboratório de Fertilidade do Solo (Depto. de Agronomia da UFRPE) | Espectrofotometria de absorção atômica |
| Magnésio               | Laboratório de Fertilidade do Solo (Depto. de Agronomia da UFRPE) | Espectrofotometria de absorção atômica |

Na avaliação da qualidade das águas para a irrigação, a classificação mais utilizada é aquela proposta pelo U.S. Salinity Laboratory, que relaciona a concentração de sais solúveis, como indicadora do perigo de salinização do solo, e a Relação de Absorção de Sódio (RAS), como indicadora do perigo de sodificação. Esta relação é dada pela seguinte fórmula (CRUCIANI, 1980):

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (\text{Eq.4.1})$$

Obs: teores de  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  em miliequivalente/litro

Existe uma relação linear entre PST (percentagem de sódio trocável) e o RAS. A equação que relaciona estes parâmetros é (CRUCIANI, 1980):

$$PST = \frac{100 (-0,0126 + 0,01475 x RAS)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 x RAS)} \quad (\text{Eq.4.2})$$

Nesta pesquisa foram utilizadas as equações 1 e 2, indicadas por Cruciani (1980). Com os seus resultados efetuou-se a classificação do solo, segundo o U.S. Salinity Laboratory, também apresentada em Cruciani (1980), de acordo com a Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Classificação do solo segundo o U.S. Salinity Laboratory.

| Solo          | Condutividade elétrica do extrato (dS/m) | PST (%) | pH    |
|---------------|--|---------|-------|
| Normal        | < 4                                      | < 15    | < 8,5 |
| Salino        | > 4                                      | < 15    | < 8,5 |
| Sódico        | < 4                                      | > 15    | > 8,5 |
| Salino-sódico | > 4                                      | > 15    | < 8,5 |

Fonte: Cruciani, 1980.

### 4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bomfim et al. (2002) constataram a presença de 32 pontos d'água em Poço Redondo-SE, sendo que todos eram do tipo poço tubular e localizados sobre o aquífero do tipo fissural. Alguns de propriedade pública e outros de propriedade particular. Desses 32 pontos, 5 poços possuíam dessalinizador.

No entanto, em levantamentos realizados nesta pesquisa, foram constatados 29 pontos de água, sendo 5 poços com dessalinizador e 24 sem.

Nas visitas de campo verificou-se que das 24 unidades encontradas, que não possuíam dessalinizador, apenas uma (Fazenda Jurema) estava produzindo água. Foram determinados em campo alguns parâmetros de qualidade de água deste poço, durante a visita. Obteve-se os seguintes resultados da água do poço da Fazenda Jurema: condutividade elétrica = 3200  $\mu\text{S/cm}$ ; STD = 4869 mg/L; pH = 8,8 e temperatura = 31,0 °C.

Portanto, nota-se que a água do poço da Fazenda Jurema era imprópria para consumo humano, devido ao valor de STD ser superior ao valor máximo permitido para consumo humano, recomendado pela Portaria 518 do MS. Com isso os moradores pouco utilizavam desta água, preferindo a água de um barreiro próximo.

Verificou-se que os demais poços sem dessalinizador não estavam produzindo água e apresentavam uma das seguintes situações: (i) em alguns o poço havia sido perfurado, porém, não tinham sido equipados com sistema e bombeamento e distribuição, estando abandonado; (ii) alguns estavam paralisados sem funcionamento, devido a problemas relativos à manutenção ou quebra de equipamentos e (iii) outros encontravam-se abandonados, devido à salinidade excessiva e/ou terem sido submetidos à superexploração (retirada de um volume de água superior à capacidade do aquífero). Também constatou-se que alguns elementos da infra-estrutura de alguns poços, tais como catavento, bomba, estavam danificados. Exemplos dessas situações encontradas são ilustradas na Figura 4.1.



(a) Poço perfurado e abandonado (localidade Titóia)



(b) Bomba do poço danificada (localidade Fazenda São Paulo)



(c) Poço seco (localidade Barra da Onça)



(d) Palhetas do catavento danificadas e abandonadas (localidade de Monte Alegre Velho)

Figura 4.1: Situação encontrada, durante visitas a poços sem dessalinizador em Poço Redondo.

Com relação aos 5 poços com dessalinizador situados em Poço Redondo, apenas 1 estava operando. Este poço foi escolhido para monitoramento de sua qualidade de água, como será visto adiante.

As unidades de dessalinização existentes nos municípios integrantes da área de Xingó utilizam a tecnologia da osmose reversa. Na Tabela 4.5 é apresentada a situação dessas unidades, com relação a se estavam, ou não, produzindo água dessalinizada. Do total de 56 instalações de dessalinização, apenas 11 (19,64%) estavam em atividade e 45 (80,36%) não estavam produzindo água dessalinizada. Via de regra, a principal causa disso é a ausência de cuidados relacionados à manutenção do equipamento. O pessoal técnico, capacitado para as tarefas de manutenção e reparos destes equipamentos, têm que se deslocar das capitais para o atendimento, além do

que, os materiais de manutenção e reposição, algumas vezes apresentam um orçamento aquém dos recursos financeiros disponíveis das prefeituras.

Tabela 4.5: Situação dos poços com dessalinizador nos municípios da área de Xingó.

| Estado           | Município             | Localidade com dessalinizador | Produzindo água dessalinizada |     |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----|
|                  |                       |                               | Sim                           | Não |
| Alagoas          | Água Branca           | Não há                        |                               |     |
|                  | Belo Monte            | Olho d'Água Novo              |                               | x   |
|                  | Delmiro Gouveia       | Caraíba do Limo               |                               | x   |
|                  | Olho d'Água do Casado | Sítios Barracas               |                               | x   |
|                  |                       | Rede de Luz                   |                               | x   |
|                  |                       | Lagoa da Cruz                 |                               | x   |
|                  | Pão de Açúcar         | Poços                         |                               | x   |
|                  |                       | Ass. Selma Bandeira           |                               | x   |
|                  |                       | Bom Nome                      |                               | x   |
|                  |                       | Chico do Bode                 |                               | x   |
|                  |                       | Japão                         | x                             |     |
|                  | Pariconha             | Xexéu                         |                               | x   |
|                  |                       | Colégio (na sede)             |                               | x   |
|                  |                       | Verdão                        |                               | x   |
|                  | Piranhas              | Campinhos                     |                               | x   |
|                  |                       | Juazeiro                      |                               | x   |
|                  | São José da Tapera    | Olho d'Aguinha                |                               | x   |
|                  |                       | Caboclo (2 poços)             |                               | x   |
|                  |                       | Cacimba do Barro              |                               | x   |
|                  |                       | Umbuzeiro Doce                |                               | x   |
| Bahia            | Abaré                 | Cachoeirinha                  |                               | x   |
|                  |                       | <b>Icozeira**</b>             | x                             |     |
|                  | Chorrochó             | Caraíbas                      |                               | x   |
|                  | Curaçá                | Barro Novo                    | x                             |     |
|                  |                       | Mundo Novo                    | x                             |     |
|                  |                       | Pata Mute                     | x                             |     |
|                  |                       | Poço de Fora                  | x                             |     |
|                  | Glória                | Não há                        |                               |     |
|                  | Macururé              | Formosa                       |                               | x   |
|                  | Paulo Afonso          | Não há                        |                               |     |
|                  | Rodelas               | Não há                        |                               |     |
|                  | Santa Brígida         | Araújo                        |                               | x   |
| <b>Aroeira**</b> |                       | x                             |                               |     |
| Bugi             |                       |                               | x                             |     |
| <b>Minuim**</b>  |                       | x                             |                               |     |
|                  | Trapiá                |                               | x                             |     |

\*\* Poços com dessalinizador que foram monitorados

(continua)

Tabela 4.5: Situação dos poços com dessalinizador nos municípios da área de Xingó (cont).

| Estado     | Município                   | Localidade com dessalinizador                   | Produzindo água dessalinizada |     |   |
|------------|-----------------------------|---|-------------------------------|-----|---|
|            |                             |   | Sim                           | Não |   |
| Pernambuco | Belém do São Francisco      | Riacho Pequeno                                  |                               | x   |   |
|            | Cabrobó                     | Não há  |                               |     |   |
|            | Floresta                    | Ass. Papagaio                                   |                               | x   |   |
|            | Ibimirim                    | Poço Boi  |                               |     | x |
|            |                             |   | Jeritacó                      | x   |   |
|            |                             |   | Angico                        |     | x |
|            |                             |   | Barro Branco                  |     | x |
|            | Itacuruba                   | Não há  |                               |     |   |
|            | Jatobá                      | Não há  |                               |     |   |
|            | Orocó                       | Não há  |                               |     |   |
|            | Parnamirim                  | Fazenda Pau de Colher (Sítio Chapada do Arapoá) |                               | x   |   |
|            | Petrolândia                 | Não há  |                               |     |   |
|            | Santa Maria da Boa Vista    | Baixa do Curral                                 |                               | x   |   |
|            |                             | Curimamã  |                               |     | x |
| Tacaratu   | Sítio Olho d'Água do Julião |   | x                             |     |   |
| Terra Nova | Não há                      |   |                               |     |   |
| Sergipe    | Canindé do S. Francisco     | Não há  |                               |     |   |
|            | Gararu-SE                   | Tanque da Pedra (Fazenda S. Joaquim)            |                               | x   |   |
|            | Monte Alegre de Sergipe     | Nossa Senhora da Glória                         | Não há                        |     |   |
|            |                             |   | Aningas                       |     | x |
|            |                             |   | Retiro II                     |     | x |
|            | Poço Redondo                |   | Santa Helena                  |     | x |
|            |                             |   | <b>Areias 1**</b>             | x   |   |
|            |                             |   | Areias 2                      |     | x |
|            |                             |   | Fazenda Santa Maria           |     | x |
|            |                             |   | Flor da Serra                 |     | x |
|            | Porto da Folha-             |   | Morro Vermelho                |     | x |
|            |                             |   | Bela Aurora                   |     | x |
|            |                             |   | Belos Ares (Craibeiras)       |     | x |
| Esperança  |                             |   |                               | x   |   |
| Junco      |                             |   |                               | x   |   |
| Pedro Leão |                             |   |                               | x   |   |

**\*\* Poços com dessalinizador que foram monitorados**

A Tabela 4.6 fornece uma noção de gastos com peças, serviços e deslocamentos, relativos à manutenção de dessalinizadores.

Tabela 4.6: Orçamento para fornecimento de peças, serviços e deslocamentos a serem necessários ou não para a efetiva manutenção em desalinizadores.

|             | <b>Item</b>  | <b>Quantidade</b> | <b>Preço unitário (R\$)</b> |
|-------------|--|-------------------|-----------------------------|
| Materiais   | Membrana Hidranautcs mod. Cpa. 2 4040 (nova)                             | 1                 | 1.100,00                    |
|             | Cartucho de filtro 9x ¾ 5micras  | 1                 | 15,00                       |
|             | Anti-incrustante   | 1 kg              | 45,00                       |
|             | Manômetros glicerinado   | 1                 | 85,00                       |
|             | Rotâmetro mod Hedland 0 a 60LPM  | 1                 | 490,00                      |
|             | Bomba dosadora   | 1                 | 750,00                      |
|             | Bomba de retrolavagem 1/4 CV Dancor termoplástica                        | 1                 | 250,00                      |
|             | Bomba de alta pressão 32b25 monofásica motor aberto                      | 1                 | 1.950,00                    |
|             | Bomba de alta pressão 32b25 trifásica motor aberto                       | 1                 | 1.690,00                    |
|             | Bomba de alta pressão 32b20 monofásica motor aberto                      | 1                 | 1.750,00                    |
|             | Bomba de alta pressão 32b20 trifásica motor aberto                       | 1                 | 1.500,00                    |
|             | Tubo cpvc 28   | 1 vara            | 60,00                       |
|             | Joelho 90º cpvc 28   | 1                 | 5,15                        |
|             | Tê cpvc 28   | 1                 | 5,35                        |
|             | Luva cpvc 28   | 1                 | 3,50                        |
|             | União cpvc 28  | 1                 | 11,50                       |
|             | Luva de transmissão cpvc 22 x 3/4  | 1                 | 7,50                        |
|             | Conector Aquatherm cpvc28x1”   | 1                 | 26,35                       |
|             | Luva de redução de ½ x 25mm  | 1                 | 1,50                        |
|             | Mangueira 1/4 x 1/4 p/manômetros   | 1 m               | 4,50                        |
|             | Adaptador para manômetro 1/4 x 1/8                                       | 1                 | 15,00                       |
|             | Adaptador para manômetro 1/4 x 1/2                                       | 1                 | 25,00                       |
|             | Mangueira trançada de 1/2  | 1m                | 3,00                        |
|             | Espelho para vaso de alta pressão  | 1                 | 150,00                      |
|             | Anel elástico para vaso 4 “  | 1                 | 30,00                       |
|             | Pressostato danfoss 12KGF  | 1                 | 350,00                      |
|             | Bucha de redução 1.1/2 x 1” PVC  | 1                 | 3,00                        |
|             | Bucha de redução 3/4 x 1/2 “ PVC   | 1                 | 2,00                        |
|             | Carcaça de Filtro 9 x 3/4  | 1                 | 160,00                      |
|             | Adaptador entrada dosador  | 1                 | 40,00                       |
| Mão de obra | Limpeza química de membranas (preço cobrado por membrana lavada)         | -                 | 130,00                      |
|             | Visita técnica para avaliação e pequenos reparos e substituição de peças | 1 km rodado*      | 1,00*                       |

\* O Custo é de R\$ 1,00/km rodado, além de uma diária de R\$ 90,00

Fonte: Osmose Peças e Manutenção de Dessalinizadores e Sistemas de Água, Feira de Santana-BA (10/08/2006), através de consulta pessoal

Cravo (1999) informa que, no Brasil, estima-se que 25% dos equipamentos estão desativados por problemas, que vão desde questões políticas, até falta de água no poço, passando por equipamentos mal dimensionados, incorretamente operados, ou com ausência de manutenção. Em termos de reparos e de manutenção, são as membranas, além dos filtros,

que necessitam de maior atenção. A vida útil de uma membrana é de 3 anos e a periodicidade de manutenção é, em média, de 3 meses, dependendo da qualidade da água de alimentação, da operação, manutenção e do sistema de pré-tratamento.

Cada dessalinizador monitorado (Figura 4.2), na corrente pesquisa, é alimentado por um poço. Consta na Tabela 4.7 uma síntese das características desses equipamentos e dos respectivos poços de alimentação,. Nesta mesma tabela há também informações quanto ao volume de água produzido (permeado) e a quantidade de casa atendidas.



(a) Areias (Poço Redondo-SE)



(b) Aroeira (Santa Brígida-BA)



(c) Minuim (Santa Brígida-BA)



(d) Icozeira (Abaré-BA)

Figura 4.2: Dessalinizadores monitorados.

Tabela 4.7: Características dos 4 dessalinizadores, com a produção de permeado e número de residências atendidas.

| Local    | Profundidade do poço (m) | Potência da bomba do poço que alimenta o dessalinizador (CV) | Ano de instalação do dessalinizador | Características do dessalinizador |  |  |              |                           | Volume de água dessalinizada produzida  | Número de residências atendidas  |
|----------|--------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------|---------------------------|---|--|
|          |                          |  |                                     | Número de filtros de cartucho     | Número de vasos de pressão (permeadores) | Potência das bombas do dessalinizador (CV) |              |                           |   |  |
|          |                          |  |                                     |                                   |  | Principal                                  | Retrolavagem | Dosadora                  |   |  |
| Areias   | 42                       | 3/4  | 1998                                | 4                                 | 2  | 3  | 1/3          | 1/2                       | <u>Até nov/2005:</u><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 m<sup>3</sup>/semana (época seca)</li> <li>• 5 m<sup>3</sup>/semana (época chuvosa)</li> </ul> <u>Após nov/2005:</u><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,5 a m<sup>3</sup>/mês</li> </ul> | <u>Até nov/2005:</u><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 residências (época seca)</li> <li>• 10 residências (época chuvosa)</li> </ul> <u>Após nov/2005:</u><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 a 4 residências</li> </ul> |
| Aroeira  | 60                       | 7,5  | 2005                                | 3                                 | 1  | 2  | 1/3          | ***---                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 m<sup>3</sup>/semana (época seca)</li> <li>• 10 m<sup>3</sup> quinzenalmente (época chuvosa)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 42 residências</li> </ul>   |
| Minuim   | 64                       | 5  | 2005                                | 6                                 | 3  | 5  | 1/3          | ***---                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 a 20 m<sup>3</sup>/semana</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 a 150 residências</li> </ul>  |
| Icozeira | 18                       | 1  | 1996                                | 3                                 | 1  | <b>3</b>                                   | 1/3          | Não possui bomba dosadora | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 a 10 m<sup>3</sup>/dia</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 92 residências</li> </ul>   |

\*\*\*Não havia informação quanto à potência, porém a vazão era de 6 L/h

Vale observar que, também, com relação à Tabela 4.7 que, após novembro de 2005, algumas residências, localizadas em Areias, passaram a ser contempladas com água encanada. Com isso, houve um decréscimo de casas que consumiam água da unidade dessalinizadora, instalada nesta comunidade.

Os moradores de Areias e Icozeira não pagam tarifa pela água produzida nas unidades de dessalinização. A comunidade de Minuim paga por uma ficha, um valor de R\$0,20 (vinte centavos) por cada balde de 20 L de água produzida. A ficha é inserida em um chafariz automático. Com isso, são acionadas duas bombas, cada uma com 1/3 CV (localizadas no próprio abrigo onde está o dessalinizador). Isso permite que a água dessalinizada seja conduzida até um chafariz automático, para o enchimento de um balde de 20 L. Procedimento semelhante ao de Minuim, era o que acontecia em Aroeira. No entanto, durante o período de monitoramento em Aroeira e também poucos meses antes deste monitoramento, não era cobrada tarifa pela água produzida.

Alguns moradores de Minuim pagam o valor de R\$1,00 (um real) mensalmente, pela água bruta captada nesse poço, para ter essa água em suas torneiras.

Os operadores das unidades de dessalinização monitoradas são pessoas da própria comunidade, onde estas estão instaladas, além de residirem próximo destas. Eles não recebem nenhuma remuneração. O grau de escolaridade do operador da unidade de Aroeira e do operador de Minuim é 5<sup>a</sup> série concluída, enquanto o do operador de Areias é de 3<sup>a</sup> série concluída. De acordo com o próprio operador de Icozeira, este não havia freqüentado a escola e apenas sabia assinar o nome e identificar algarismos.

Apenas o operador da unidade de Minuim possui um manual de operação do dessalinizador (modelo AP 1000/4000).

De acordo com os operadores, a limpeza das membranas vinha sendo efetuada com a utilização da bomba de retrolavagem. A frequência dessa operação era, de acordo com os operadores, a seguinte:

- (i) em Areias não havia uma frequência certa, algumas vezes passava até uns 2 meses sem lavar.
- (ii) em Aroeira e Icozeira era semanal.
- (iii) duas vezes por semana (às quartas-feiras e sábados) em Minuim.

Em Areias e Icozeira a manutenção periódica do equipamento não era realizada. A equipe técnica só era acionada quando algum equipamento ou acessório deixava de funcionar.

Por um período de 1 ano, a empresa que vendeu os 4 equipamentos de dessalinização, monitorados na corrente pesquisa, assumiram a sua manutenção e/ou reparo. Após esse prazo, essas funções ficaram a cargo da prefeitura.

O dinheiro arrecado na venda das fichas no dessalinizador de Minuim, também é utilizado nas despesas de manutenção e reparos.

As despesas com energia e reparos dos equipamentos de Areias e Icozeira eram arcadas, respectivamente, pelas prefeituras de Poço Redondo-SE e Abaré-BA. Em Aroeira as despesas com energia e manutenção até pouco antes do monitoramento do trabalho aqui apresentado, era por conta dos recursos arrecadados com a venda das fichas e depois passou a cargo da prefeitura de Santa Brígida-BA. Por outro lado, em Minuim, o valor arrecadado com as fichas era destinado a pagar as despesas com energia e manutenção do dessalinizador. No entanto, as despesas com a energia gasta pelo poço, que alimentava o dessalinizador de Minuim, fica sob a responsabilidade da prefeitura de Santa Brígida-BA.

Na Figura 4.3 são vistos os locais onde os moradores retiram a água dessalinizada pelos dessalinizadores monitorados. A água é conduzida em balde(s) até as suas residências.



(a) Areias (Poço Redondo-SE)



(b) Aroeira (Santa Brígida-BA)



(c) Minuim (Santa Brígida-BA)



(d) Icozeira (Abaré-BA)

Figura 4.3: Locais onde a população apanha água dessalinizada para consumo.

De acordo com determinações efetuadas no campo, os dessalinizadores Areias, Aroeira, Minuim e Icozeira apresentaram, em média, respectivamente, um rendimento de 43,26%; 51,19%; 56,44% e 35,12%. Isso significa que estas unidades geram em média uma quantidade de rejeito que corresponde a, respectivamente, 56,74%; 48,81%; 43,56% e 64,88% do total de água a ser dessalinizada. Segundo Porto et al. (2004), em função da eficiência do dessalinizador e da qualidade da água do poço, a quantidade de efluente gerado é da ordem de 40 a 70% do total de água salobra a ser dessalinizada.

Nas Tabela 4.8 a 4.11 e nas Figuras 4.4 a 4.7 são apresentados os resultados de parâmetros físico-químicos, obtidos no campo e em laboratório, da água bruta do permeado e do rejeito, dos 4 dessalinizadores monitorados.

Tabela 4.8: Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Areias.

| Parâmetro                                | Água bruta   |              |        |               |                       | Permeado     |              |       |               |                       | Rejeito      |              |         |               |                       |
|--|--------------|--------------|--------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|-------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|---------------|-----------------------|
|  | Valor máximo | Valor mínimo | Média  | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média   | Desvio padrão | Coef. de variação (%) |
| Temperatura (°C)                         | 33,6         | 24,2         | 27,8   | 2,6           | 9,4                   | 33,0         | 23,4         | 26,8  | 3,1           | 11,6                  | 32,3         | 24,2         | 27,6    | 2,4           | 8,7                   |
| pH                                       | 8,3          | 5,9          | 7,4    | 0,5           | 6,8                   | 7,4          | 6,5          | 6,9   | 0,3           | 4,3                   | 8,7          | 7,0          | 8,1     | 0,5           | 6,2                   |
| Cor aparente (uH)                        | 94,1         | 53,4         | 73,8   | 28,8          | 39,0                  | 0            | 0            | 0     | ---           | ---                   | 178,9        | 116,1        | 147,5   | 44,4          | 30,1                  |
| Turbidez (uT)                            | 278          | 82           | 137,0  | 60,8          | 44,4                  | 1,4          | 0,48         | 0,7   | 0,2           | 28,6                  | 15,1         | 1,6          | 3,8     | 3,5           | 92,1                  |
| Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 245          | 20           | 144,1  | 82,1          | 57,0                  | 16           | 4            | 10,1  | 3,6           | 35,6                  | 469          | 26           | 316,9   | 152,6         | 48,1                  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)           | 11000        | 1725         | 5573,2 | 2419,2        | 43,4                  | 1143         | 198          | 459,3 | 298,7         | 65,0                  | 18020        | 7800         | 11160,4 | 3340,9        | 29,9                  |
| STD (mg/L)                               | 16463        | 5567         | 9644,9 | 3771,2        | 39,1                  | 1687         | 295          | 738,6 | 485,9         | 65,8                  | 26826        | 11725        | 16450,5 | 5573,0        | 33,9                  |
| Cloreto (mg Cl/L)                        | 3587         | 566          | 2071,5 | 929,1         | 44,9                  | 324          | 36           | 126,9 | 82,3          | 64,8                  | 6226         | 2289         | 3542,2  | 957,8         | 27,0                  |
| Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 3086         | 398          | 1362,3 | 968,5         | 71,1                  | 81           | 10           | 29,6  | 19,8          | 66,9                  | 5481         | 1428         | 2509,8  | 1246,1        | 49,6                  |
| Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | 1218         | 119          | 479,6  | 345,8         | 72,1                  | 35           | 6            | 14,2  | 9,1           | 64,1                  | 2314         | 612          | 959     | 517,4         | 53,9                  |

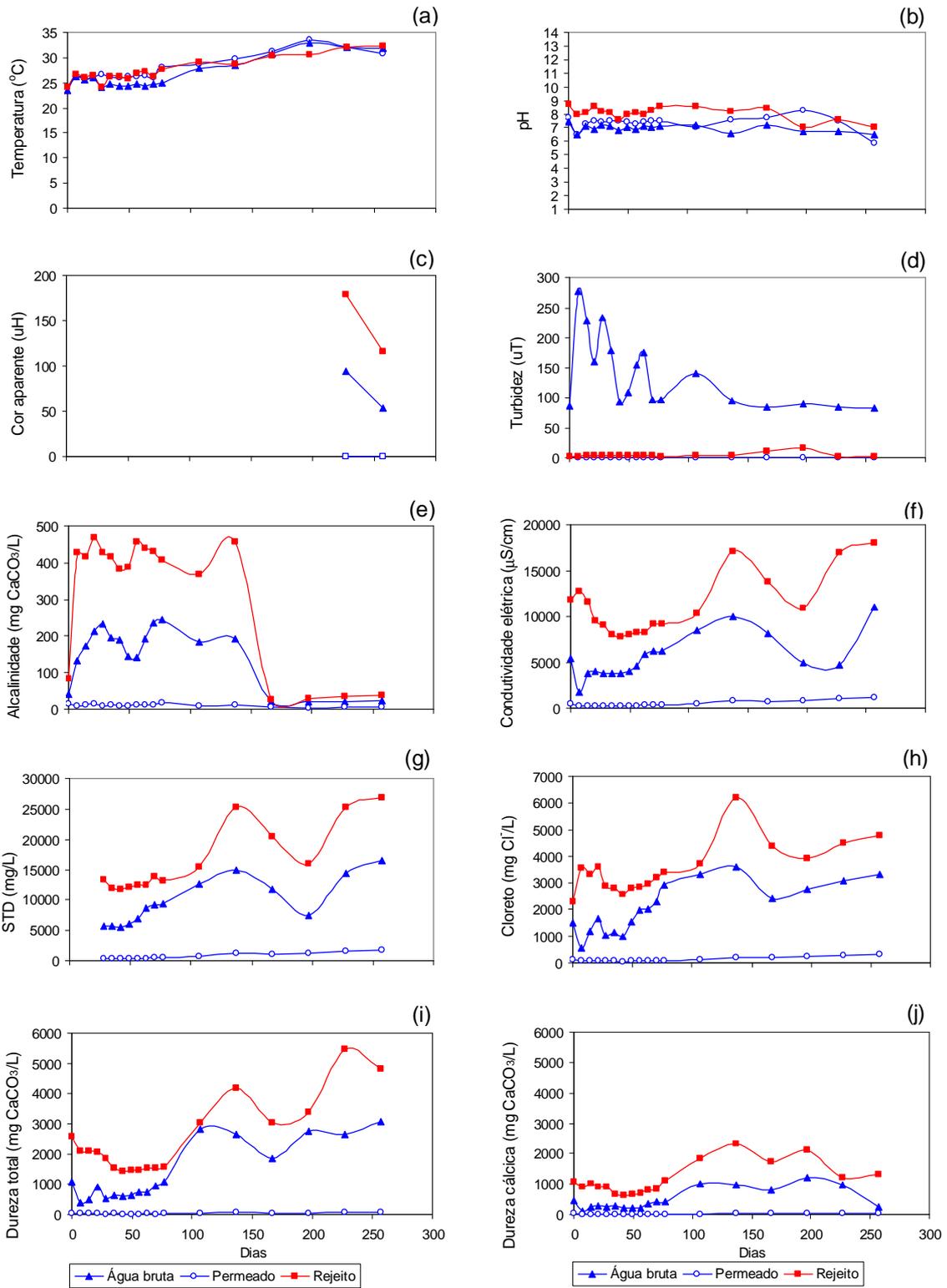


Figura 4.4: Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Areias.

Tabela 4.9: Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Aroeira.

| Parâmetro                                | Água bruta   |              |        |               |                       | Permeado     |              |       |               |                       | Rejeito      |              |        |               |                       |
|--|--------------|--------------|--------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|-------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|--------|---------------|-----------------------|
|  | Valor máximo | Valor mínimo | Média  | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média  | Desvio padrão | Coef. de variação (%) |
| Temperatura (°C)                         | 30,7         | 25,2         | 28,6   | 1,9           | 6,7                   | 32,0         | 25,7         | 29,5  | 2,2           | 7,4                   | 32,1         | 25,6         | 29,5   | 2,2           | 7,4                   |
| pH                                       | 9,1          | 6,9          | 7,5    | 0,6           | 8,6                   | 7,2          | 5,0          | 6,4   | 0,7           | 11,2                  | 7,3          | 6,7          | 7,1    | 0,2           | 2,5                   |
| Cor aparente (uH)                        | 0            | 0            | 0      | ---           | ---                   | 0            | 0            | 0     | ---           | ---                   | 0            | 0            | 0      | ---           | ---                   |
| Turbidez (uT)                            | 1,5          | 0,3          | 0,7    | 0,4           | 55,2                  | 0,5          | 0,2          | 0,3   | 0,10          | 35,7                  | 4,5          | 0,3          | 1,1    | 1,0           | 0,9                   |
| Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 30           | 6            | 11,6   | 8,1           | 70,2                  | 7            | 3            | 4,7   | 1,3           | 28,5                  | 39           | 9            | 16,7   | 9,8           | 58,6                  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)           | 1324         | 1130         | 1209,4 | 71,2          | 5,9                   | 50,1         | 26           | 41,1  | 8,0           | 19,6                  | 2330         | 1840         | 2065,2 | 180,9         | 8,8                   |
| STD (mg/L)                               | 1961         | 1674         | 1807,8 | 99,9          | 5,5                   | 71,7         | 37,4         | 55,7  | 12,6          | 22,6                  | 3433         | 2727         | 3058,3 | 262,7         | 8,6                   |
| Cloreto (mg Cl/L)                        | 630          | 290          | 426,6  | 97,3          | 22,8                  | 6            | 2            | 3,4   | 1,3           | 39,7                  | 750          | 510          | 565,6  | 82,3          | 14,5                  |
| Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 568          | 305          | 449,3  | 87,8          | 19,6                  | 20           | 0            | 7,2   | 6,3           | 87,4                  | 832          | 650          | 716,4  | 59,7          | 8,3                   |
| Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | 345          | 122          | 236,0  | 73,9          | 31,3                  | 18           | 0            | 2,3   | 2,9           | 126,5                 | 406          | 203          | 313,1  | 70,9          | 22,7                  |

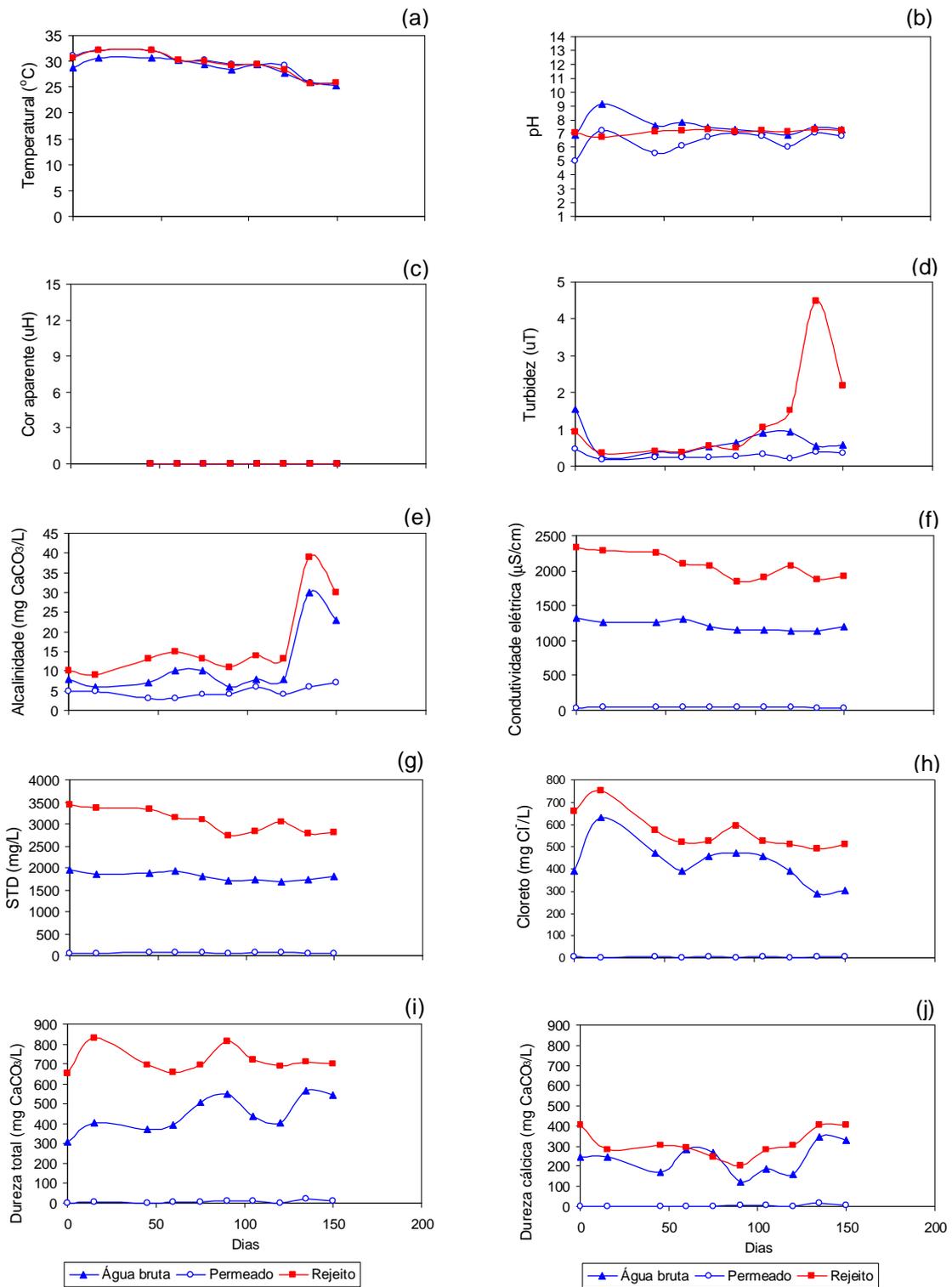


Figura 4.5: Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Aroeira.

Tabela 4.10: Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Minuim.

| Parâmetro                                | Água bruta   |              |        |               |                       | Permeado     |              |       |               |                       | Rejeito      |              |         |               |                       |
|--|--------------|--------------|--------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|-------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|---------------|-----------------------|
|  | Valor máximo | Valor mínimo | Média  | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média   | Desvio padrão | Coef. de variação (%) |
| Temperatura (°C)                         | 31,6         | 26,2         | 29,6   | 1,8           | 6,0                   | 31,8         | 26,3         | 29,5  | 1,7           | 5,9                   | 33,1         | 26,5         | 30,7    | 2,6           | 8,4                   |
| pH                                       | 8,6          | 7,2          | 7,5    | 0,4           | 5,2                   | 6,9          | 6,0          | 6,4   | 0,3           | 5,4                   | 7,8          | 7,3          | 7,6     | 0,2           | 2,1                   |
| Cor aparente (uH)                        | 0            | 0            | 0      | ---           | ---                   | 0            | 0            | 0     | ---           | ---                   | 0            | 0            | 0       | ---           | ---                   |
| Turbidez (uT)                            | 1,3          | 0,2          | 0,5    | 0,3           | 55,4                  | 0,5          | 0,1          | 0,3   | 0,1           | 46,4                  | 0,8          | 0,3          | 0,6     | 0,2           | 27,4                  |
| Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 51           | 20           | 29,4   | 10,7          | 36,1                  | 12           | 2            | 5,8   | 3,0           | 51,9                  | 66           | 22           | 39,1    | 13,6          | 34,9                  |
| Condutividade elétrica (µS/cm)           | 4995         | 4770         | 4898,4 | 96,2          | 2,0                   | 124          | 63,3         | 98,6  | 17,3          | 17,6                  | 8110         | 7330         | 7312,2  | 1535,3        | 21,0                  |
| STD (mg/L)                               | 7491         | 7072         | 7285,0 | 170,0         | 2,3                   | 177,2        | 95,4         | 140,4 | 17,3          | 12,4                  | 11986        | 11061        | 11576,7 | 349,0         | 3,0                   |
| Cloreto (mg Cl/L)                        | 1750         | 1232         | 1481,1 | 164,3         | 11,1                  | 28           | 2            | 9,0   | 7,3           | 81,3                  | 2849         | 2019         | 2365,2  | 234,2         | 9,9                   |
| Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 1969         | 1096         | 1348,9 | 276,0         | 20,5                  | 20           | 0            | 13,7  | 14,8          | 107,8                 | 2578         | 1827         | 2166,7  | 286,4         | 13,2                  |
| Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | 609          | 311          | 459,9  | 113,7         | 24,7                  | 20           | 0            | 5,0   | 7,3           | 146,4                 | 609          | 311          | 976,2   | 41,2          | 4,2                   |

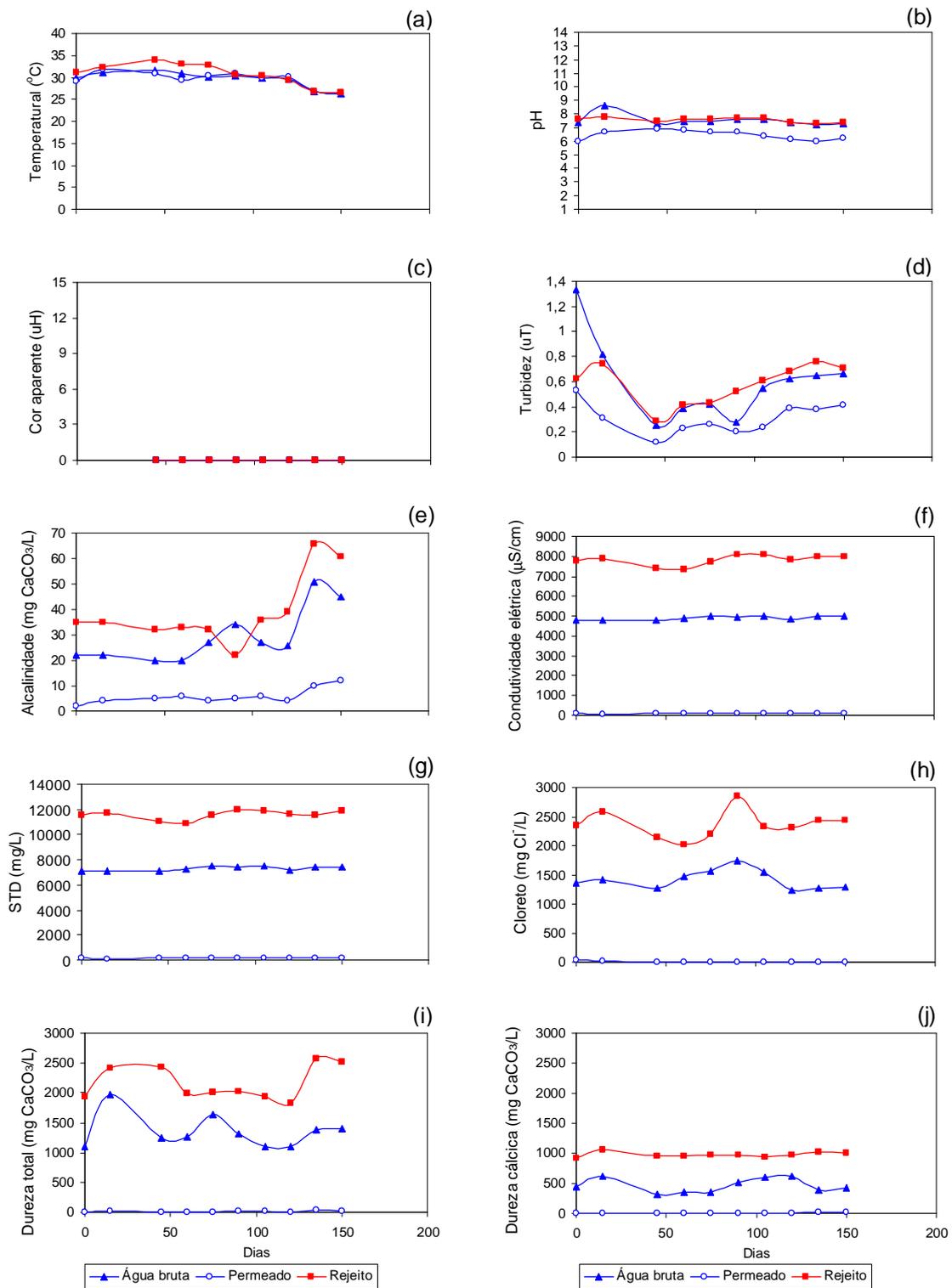


Figura 4.6: Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Minuim.

Tabela 4.11: Parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação), permeado e rejeito do dessalinizador de Icozeira.

| Parâmetro                                | Água bruta   |              |         |               |                       | Permeado     |              |       |               |                       | Rejeito      |              |         |               |                       |
|--|--------------|--------------|---------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|-------|---------------|-----------------------|--------------|--------------|---------|---------------|-----------------------|
|  | Valor máximo | Valor mínimo | Média   | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média | Desvio padrão | Coef. de variação (%) | Valor máximo | Valor mínimo | Média   | Desvio padrão | Coef. de variação (%) |
| Temperatura (°C)                         | 33,7         | 24,1         | 30,2    | 2,5           | 8,4                   | 34,3         | 25,6         | 30,9  | 2,3           | 7,5                   | 34,9         | 24,9         | 30,9    | 2,6           | 8,5                   |
| pH                                       | 7,6          | 6,1          | 7,0     | 0,4           | 6,3                   | 6,2          | 5,7          | 5,9   | 0,2           | 2,7                   | 7,6          | 5,8          | 7,2     | 0,5           | 7,6                   |
| Cor aparente (uH)                        | 0            | 0            | 0       | ---           | ---                   | 0            | 0            | 0     | ---           | ---                   | 0            | 0            | 0       | ---           | ---                   |
| Turbidez (uT)                            | 0,6          | 0,2          | 0,4     | 0,1           | 33,3                  | 0,5          | 0,2          | 0,4   | 0,1           | 35,1                  | 4,4          | 0,3          | 0,7     | 0,4           | 50,7                  |
| Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 32           | 22           | 26,9    | 3,3           | 12,4                  | 9            | 4            | 6,1   | 1,9           | 31,1                  | 36           | 31           | 32,8    | 1,7           | 5,2                   |
| Condutividade elétrica (µS/cm)           | 7640         | 6840         | 7091,7  | 242,2         | 3,4                   | 475          | 368          | 419,3 | 39,9          | 9,5                   | 9760         | 8930         | 9225,6  | 309,1         | 3,3                   |
| STD (mg/L)                               | 11222        | 10101        | 10460,9 | 362,8         | 3,5                   | 690          | 542          | 605,9 | 46,9          | 7,8                   | 14436        | 13263        | 13681,7 | 489,5         | 3,6                   |
| Cloreto (mg Cl/L)                        | 2429         | 1629         | 1895,6  | 298,5         | 15,7                  | 88           | 76           | 81,1  | 4,3           | 5,2                   | 3029         | 1709         | 2292,3  | 436,0         | 19,0                  |
| Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)   | 2436         | 1989         | 2146,7  | 180,9         | 8,4                   | 67           | 41           | 58,1  | 8,7           | 14,9                  | 3979         | 2639         | 3083,8  | 362,0         | 11,7                  |
| Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | 1218         | 853          | 994,00  | 113,2         | 11,4                  | 25           | 18           | 21,7  | 2,5           | 11,8                  | 1543         | 1102         | 1310,7  | 166,9         | 12,7                  |

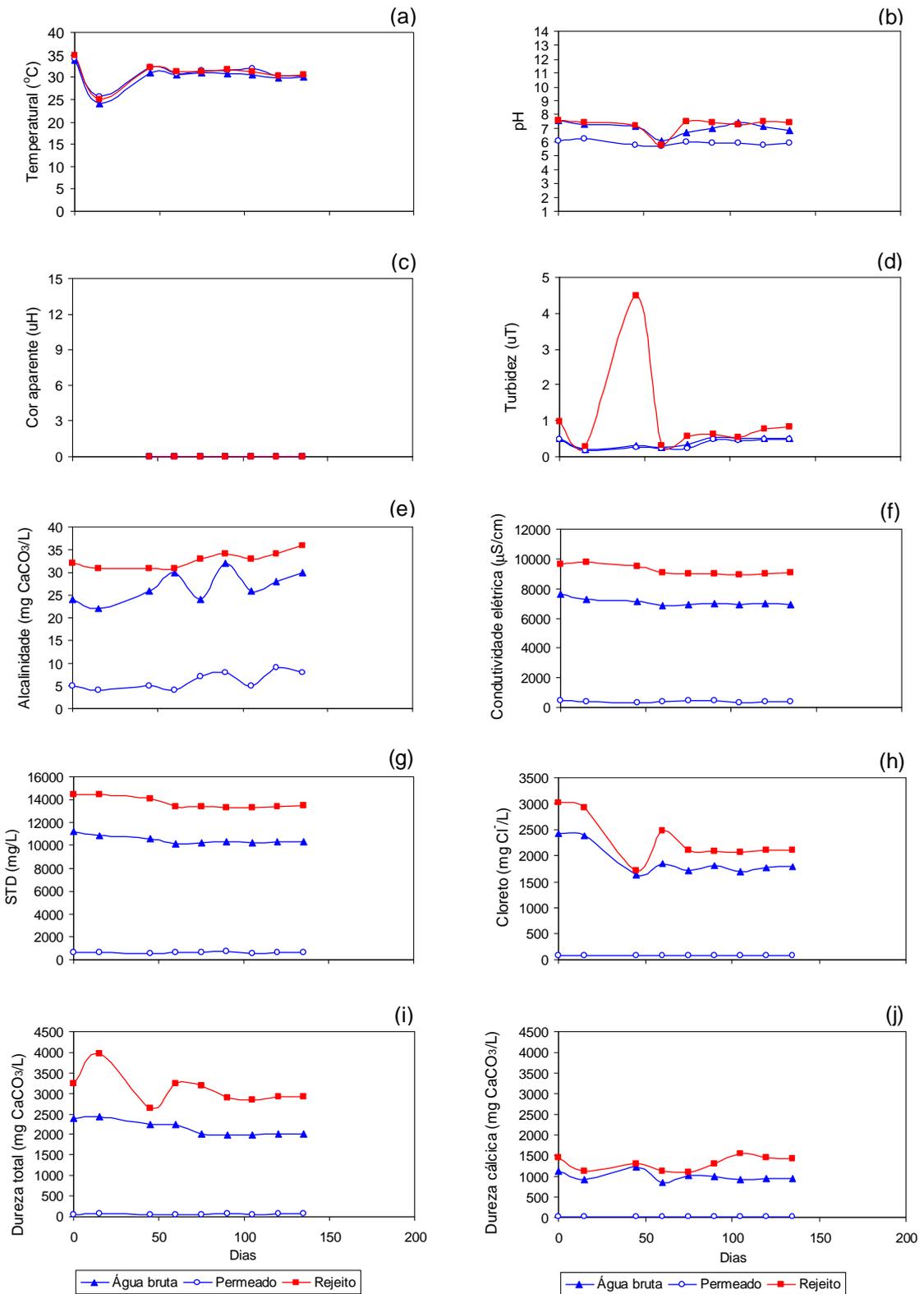


Figura 4.7: Parâmetros físico-químicos do dessalinizador de Icozeira.

Com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos, verificou-se:

(i) Temperatura

A temperatura da água bruta dos poços ficou situada entre 24 e 34 °C, durante o período de monitoramento. O poço que apresentou maior faixa de variação foi o poço de Icozeira, com uma variação de temperatura de 9,6 °C (24,1 – 33,7 °C); seguido por Areias, com 9,4 °C (24,2 – 33,6 °C); Aroeira, com 5,5 °C (25,2 – 30,7 °C) e Minuim, com 5,3 °C (26,3 – 31,6 °C).

A temperatura do permeado ficou entre 23 e 35 °C. O permeado produzido em Icozeira também foi o que apresentou maior variação (8,7 °C).

A temperatura do rejeito gerado ficou entre 24 e 35 °C. A maior temperatura registrada do rejeito foi em Icozeira, com 34,9 °C e a menor foi em Areias, com 24,2 °C.

(ii) pH

Com relação ao pH das águas subterrâneas, segundo Santos (1997), nestas águas este parâmetro, geralmente, fica entre 5,5 e 8,5 e, em casos excepcionais, entre 3 e 11. O pH da água bruta do poço de Areias esteve entre 5,9 - 8,3; a de Aroeira esteve entre 6,9 - 9,1; a de Minuim esteve entre 7,2 - 8,6 e a de Icozeira entre 6,1 - 7,6. A condição excepcional, a que Santos (1997) se refere, só foi verificada uma única vez com a água bruta do poço de Aroeira, sendo de 9,1 e uma única vez em Minuim, com a água bruta apresentando um pH de 8,6.

A faixa do pH da água destinada ao consumo humano, segundo a Portaria 518 do Ministério da Saúde (MS), é de 6,0 – 9,5. O pH do permeado produzido pelo dessalinizador de Areias e Minuim sempre esteve nesta faixa. Em duas ocasiões, das 10 coletas realizadas, o pH da água do permeado produzido pelo dessalinizador de Aroeira esteve abaixo da faixa recomendada (na 1ª coleta o pH foi 5,0 e na 3ª coleta foi de 5,6). Das 9 coletas da água do permeado do dessalinizador de Icozeira, em 6 ocasiões (3ª, 4ª, 6ª, 7ª, 8ª e 9ª coletas, com o pH respectivamente, sendo 5,8; 5,7; 5,9; 5,9; 5,8 e 5,9) o pH

não atendeu ao recomendado, indicando que necessita que procedimentos de ajuste desse parâmetro sejam efetuados por um profissional capacitado, a fim de atingir-se os valores recomendados.

O pH do rejeito de Aroeira variou entre 6,7 – 7,3. Em Areias esse parâmetro variou de neutro a alcalino, variando entre 7,0 – 8,7. O pH do rejeito de Minuim foi o que menos oscilou os seus valores, esteve entre 7,3 – 7,8. O pH do rejeito produzido em Icozeira somente uma vez esteve abaixo de 7,0 e nas demais apresentou um valor de 7,6.

#### (iii) Cor aparente

Diferentemente dos resultados da cor aparente da água bruta dos poços de Aroeira, Minuim e Icozeira, onde este parâmetro determinado foi sempre de 0 uH, a cor aparente da água bruta do poço de Areias foi sempre elevada (53,4 – 94,1). Não se conseguiu precisar, exatamente, qual a causa disto. No entanto, Segundo a ANA (2005), a inadequação do filtro e pré-filtro (alguns dos materiais empregados na construção do poço) à formação geológica, normalmente, reflete em problemas de cor e turbidez da água subterrânea. Por isso, é comum que vários estudos mostrem, frequentemente, que estes parâmetros não atendem aos padrões de potabilidade no caso das águas subterrâneas.

Por outro lado, a água analisada do permeado produzido em todas as unidades, inclusive na de Areias, sempre apresentou uma cor aparente de 0 uH. Desta forma, esse parâmetro da água do permeado atende ao que estabelece a Portaria nº 518, cujo valor máximo permitido para esse parâmetro é de 15 uH.

#### (iv) Turbidez

A turbidez da água bruta dos poços apresentou-se de forma similar à cor aparente da água bruta dos poços, ou seja, com valores muito elevados em Areias (valor máximo de 278 uT) e muito baixos nos demais poços.

A água do permeado produzido em todas as unidades atendeu aos padrões de potabilidade, cujo valor máximo permitido é de 5 uT.

#### (v) Alcalinidade

Segundo Custódio e Llamas (1983), a alcalinidade das águas subterrâneas, geralmente, situa-se entre 100 e 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L e, em casos excepcionais pode atingir 1000 mg CaCO<sub>3</sub>/L. No entanto, Franca et al. (2006), encontrou alguns valores de alcalinidade da água em poços tubulares, localizados em Juazeiro do Norte-CE, inferiores a 100 mg CaCO<sub>3</sub>/L, com um valor mínimo de 17,3 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

O menor valor de alcalinidade entre todas as coletas realizadas nos poços, foi no poço de Aroeira (8 mg CaCO<sub>3</sub>/L) e o maior foi em Areias (245 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

A Portaria nº 518 não estabelece valores recomendados, com relação à alcalinidade em água destinada ao consumo humano. Mota (2000) afirma que a alcalinidade excessiva pode proporcionar sabor desagradável à água sem, no entanto, informar a partir de que valores isso pode ocorrer.

O maior valor encontrado, com relação a esse parâmetro, nas determinações realizadas na água do permeado, produzido nas 4 unidades, foi de 16 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Com relação ao rejeito, o maior valor encontrado desse parâmetro foi em Areias, com 469 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

#### (vi) Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água bruta de todos os poços foi sempre elevada, que é uma característica típica de poços situados no cristalino. O valor máximo encontrado foi de 11.000 µS/cm no poço de Areias.

O menor valor de condutividade elétrica do permeado foi verificado em Aroeira, com 26 µS/cm. A água do permeado coletada, nas 5 últimas coletas apresentou valores elevados, chegando a um máximo de 1143 µS/cm na última coleta (abril de 2006). Antes dessas 5 últimas coletas a condutividade elétrica não chegava a 500 µS/cm. Em maio de 2006 o dessalinizador apresentou-se

defeituoso e não conseguiu mais desempenhar suas funções. Essa elevação, de certa forma súbita da condutividade elétrica, pode ter sido um indício de que havia uma necessidade premente de manutenção, inclusive com troca das membranas, o que não foi efetuado na ocasião.

A condutividade elétrica do rejeito, como era de se esperar, apresentou-se sempre elevada, com um valor mínimo de 1840  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , encontrado em Aroeira e um valor máximo de 18020  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em Areias.

#### (vii) Sólidos totais dissolvidos (STD)

Conforme a Portaria nº 518 do MS, o valor máximo permitido para os sólidos totais dissolvidos (STD) é 1000 mg/L. Teores elevados deste parâmetro indicam que a água tem sabor desagradável, podendo causar problemas digestivos, principalmente em crianças, além de danificar as redes de distribuição.

O STD da água bruta de todas as coletas nos 4 poços sempre esteve acima de 1000 mg/L. Isso deve servir de alerta para as pessoas não consumirem essa água, principalmente em Minuim, onde algumas pessoas não têm condições de sempre pagar R\$0,20 por um balde de 20 L e preferem pagar R\$1,00 mensalmente por água bruta do poço e, algumas vezes, a consomem.

O STD do permeado de todos os poços estiveram abaixo de 1000 mg/L, exceto na 10<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup> e 14<sup>a</sup> coletas em Areias, onde nesta última chegou a 1687 mg/L.

O STD do rejeito, como era de se esperar, apresentou-se sempre elevado, com um valor mínimo de 3433 mg/L, encontrado em Aroeira e um valor máximo de 26826 mg/L em Areias.

#### (viii) Cloreto

Conforme a Portaria nº 518 do MS, o valor máximo permitido para a concentração de cloreto é 250 mg Cl<sup>-</sup>/L. Em todas as coletas realizadas na

água bruta dos poços o teor de cloretos sempre esteve acima dessa concentração, com o valor mínimo encontrado em 290 mg Cl<sup>-</sup>/L em Aroeira.

As amostras de água do permeado, que foram coletadas, sempre estiveram com uma concentração abaixo do que preconiza essa Portaria, exceto nas duas últimas coletas em Areias, que apresentaram, respectivamente, 293 e 324 mg Cl<sup>-</sup>/L.

#### (ix) Dureza

De acordo com as análises realizadas na água bruta dos poços monitorados, estas são classificadas como muito duras (dureza > 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L). A água dos poços de Areia, Minuim e Icozeira apresentaram uma dureza cálcica inferior a 50% da dureza total. Isso indica que esses poços têm uma dureza magnésiana superior à cálcica. Em 6 das 10 coletas realizadas na água do poço de Aroeira, a dureza cálcica foi inferior à dureza magnésiana.

O maior valor de dureza do permeado produzido nos 4 dessalinizadores foi de 81 mg CaCO<sub>3</sub>/L, o que atende aos padrões de potabilidade (valor máximo permitido igual a 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

A Tabela 4.12 reúne os resultados das análises bacteriológicas das 4 localidades. Na maioria das análises da água do permeado não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes. No entanto, como foi apresentado anteriormente, a água é conduzida pelas pessoas por baldes até as residências, estando muito susceptível à contaminação. Recomenda-se que a água antes de ser consumida, seja desinfetada. Dos três tipos de água analisados, apenas o rejeito produzido nos 4 dessalinizadores, em algumas ocasiões (16,65% das análises em Areias, 20,00% em Aroeira, 10,00% em Minuim e 22,22% em Icozeira), apresentou um NMP/100 mL > 16 (Valor máximo correspondente a 5 tubos com reação positiva, a partir de 5 tubos de 10 mL). Como a tabela para a determinação do NMP/100 mL só apresenta como maior valor, o número > 16, não é possível afirmar a intensidade da contaminação.

Tabela 4.12: Percentuais de amostras e respectivas concentrações de coliformes termotolerantes, de amostras coletadas nos 4 poços monitorados (água bruta, permeado e rejeito).

| Local    | Água analisada | Concentração de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) |       |       |       |       |       |
|----------|----------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |                | 0<br>(ausente)  | 2,2   | 5,1   | 9,2   | 16    | > 16  |
|          |                | (% de amostras)   |       |       |       |       |       |
| Areias   | Água bruta     | 58,34   | 11,10 | 5,55  | 0     | 5,55  | 0     |
|          | Permeado       | 88,90   | 5,55  | 5,55  | 0     | 0,00  | 0,00  |
|          | Rejeito        | 77,80   | 16,67 | 0     | 0     | 5,55  | 16,65 |
| Aroeira  | Água bruta     | 70  | 0     | 20    | 0     | 10    | 0     |
|          | Permeado       | 90  | 10    | 0     | 0     | 0     | 0     |
|          | Rejeito        | 60  | 0     | 0     | 10    | 10    | 20    |
| Minuim   | Água bruta     | 80  | 0     | 0     | 10    | 10    | 0     |
|          | Permeado       | 80  | 10    | 10    | 0     | 0     | 0     |
|          | Rejeito        | 80  | 0     | 0     | 10    | 0     | 10    |
| Icozeira | Água bruta     | 77,78   | 0     | 11,11 | 0     | 11,11 | 0     |
|          | Permeado       | 88,89   | 0     | 0     | 11,11 | 0     | 0     |
|          | Rejeito        | 66,67   | 0     | 0     | 0     | 11,11 | 22,22 |

Conforme informam Montenegro et al. (2001) e Montenegro et al. (2003), um dos projetos implantados pelo Instituto Xingó, foi a construção de uma barragem subterrânea na comunidade de Morro Vermelho (Poço Redondo-SE), para complementação da água do rejeito de um dessalinizador, utilizada nos viveiros de cultivo de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*), também construídos pelo Instituto Xingó, e, também, no desenvolvimento da *Atriplex nummularia*. O projeto beneficiava cerca de 170 pessoas. O permeado desse dessalinizador era utilizado para o consumo humano e dessedentação animal. De acordo com informações obtidas junto à coordenação do Instituto Xingó, o módulo de Morro Vermelho, até o ano de 2003, contava com assistência técnica, com manutenção e operação do Instituto Xingó. Desta data em diante, ele ficou sob responsabilidade da prefeitura de Poço Redondo e da própria comunidade de Morro Vermelho. Devido a, principalmente, conflitos nesta

comunidade, o referido módulo teve suas atividades produtivas (aqüicultura e agricultura) paralisadas.

Na área de Xingó, com exceção do que ocorria em Morro Vermelho, os efluentes gerados durante a produção nos dessalinizadores da água potável, são lançados no meio ambiente sem nenhum critério. Na Figura 4.8 pode ser visto o local de despejo do rejeito das unidades de dessalinização que foram monitoradas.



(a) Areias (Poço Redondo-SE)



(b) Aroeira (Santa Brígida-BA)



(c) Minuim (Santa Brígida)



(d) Icozeira (Abaré-BA)

Figura 4.8: Locais de despejo do rejeito produzido pelo processo de dessalinização em cada um dos 4 dessalinizadores monitorados.

Foram coletadas amostras de solo no local do despejo do rejeito proveniente das 4 unidades de dessalinização e amostras de solo, supostamente sem contato direto com o rejeito, a 50 e 100 m a jusante do

despejo (Areias) e a 50 m a jusante do despejo (Aroeira, Minuim e Icozeira). As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm em Areias e de 0-40 cm em Aroeira, Minuim e Icozeira. Os resultados das análises químicas dos parâmetros determinados nas amostras constam na Tabela 4.13. Na Tabela 4.14 é vista a classificação do extrato de saturação do solo coletado.

Tabela 4.13: Características químicas do extrato de saturação dos solos coletados no local de despejo do rejeito e a jusante deste, dos 4 dessalinizadores monitorados.

| Local    | Ponto | Prof. (cm) | Condutividade elétrica (dS/m) | pH  | Na <sup>+</sup> (meq/L) | Ca <sup>++</sup> (meq/L) | Mg <sup>++</sup> (meq/L) | Ca/Mg | RAS   |
|----------|-------|------------|-------------------------------|-----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|-------|
| Areias   | P1    | 0-20       | 5,09                          | 7,1 | 32,00                   | 3,67                     | 9,94                     | 0,37  | 12,28 |
|          | P1    | 20-40      | 6,39                          | 7,2 | 37,96                   | 4,57                     | 19,97                    | 0,23  | 10,84 |
|          | P2    | 0-20       | 3,14                          | 7,3 | 17,61                   | 3,63                     | 7,56                     | 0,48  | 7,45  |
|          | P2    | 20-40      | 1,52                          | 7,6 | 9,39                    | 1,45                     | 2,40                     | 0,60  | 6,78  |
|          | P3    | 0-20       | 0,55                          | 6,6 | 3,52                    | 0,63                     | 1,66                     | 0,38  | 3,29  |
|          | P3    | 20-40      | 0,77                          | 6,7 | 4,30                    | 0,69                     | 1,31                     | 0,53  | 4,30  |
| Aroeira  | P1    | 0-40       | 4,03                          | 7,7 | 3,65                    | 1,59                     | 3,22                     | 0,49  | 2,36  |
|          | P2    | 0-40       | 0,33                          | 7,4 | 0,70                    | 0,57                     | 0,75                     | 0,76  | 0,86  |
| Minuim   | P1    | 0-40       | 6,01                          | 7,3 | 26,09                   | 4,06                     | 11,63                    | 0,35  | 9,32  |
|          | P2    | 0-40       | 4,62                          | 7,2 | 32,35                   | 4,34                     | 23,43                    | 0,19  | 8,69  |
| Icozeira | P1    | 0-40       | 7,94                          | 7,8 | 35,61                   | 6,44                     | 23,53                    | 0,27  | 9,21  |
|          | P2    | 0-40       | 4,93                          | 7,3 | 23,74                   | 4,80                     | 23,98                    | 0,20  | 6,26  |

Obs: Ponto P1: ponto de despejo do rejeito oriundo do dessalinizador  
Ponto P2: 50 metros a jusante do ponto de despejo do rejeito oriundo do dessalinizador  
Ponto P3: 100 metros a jusante do ponto de despejo do rejeito oriundo do dessalinizador

Tabela 4.14: Características químicas do extrato de saturação dos solos coletados, com sua classificação, no local de despejo do rejeito e a jusante destes, dos 4 dessalinizadores monitorados.

| Local    | Ponto | Prof. (cm) | Condutividade elétrica (dS/m) | pH  | PST (%) | Classificação do solo |
|----------|-------|------------|-------------------------------|-----|---------|-----------------------|
| Areias   | P1    | 0-20       | 5,09                          | 7,1 | 14,42   | Salino                |
|          | P1    | 20-40      | 6,39                          | 7,2 | 12,84   | Salino                |
|          | P2    | 0-20       | 3,14                          | 7,3 | 8,87    | Normal                |
|          | P2    | 20-40      | 1,52                          | 7,6 | 8,04    | Normal                |
|          | P3    | 0-20       | 0,55                          | 6,6 | 3,47    | Normal                |
|          | P3    | 20-40      | 0,77                          | 6,7 | 4,84    | Normal                |
| Aroeira  | P1    | 0-40       | 4,03                          | 7,7 | 2,17    | Salino                |
|          | P2    | 0-40       | 0,33                          | 7,4 | 0,01    | Normal                |
| Minuim   | P1    | 0-40       | 6,01                          | 7,3 | 11,10   | Salino                |
|          | P2    | 0-40       | 4,62                          | 7,2 | 10,36   | Salino                |
| Icozeira | P1    | 0-40       | 7,94                          | 7,8 | 10,97   | Salino                |
|          | P2    | 0-40       | 4,93                          | 7,3 | 7,38    | Salino                |

Obs: Ponto P1: ponto de despejo do rejeito oriundo do dessalinizador  
Ponto P2: 50 metros a jusante do ponto de despejo do rejeito oriundo do dessalinizador  
Ponto P3: 100 metros a jusante do ponto de despejo do rejeito oriundo do dessalinizador

Os resultados das análises do solo obtidas confirmaram o potencial do rejeito em causar problemas ao mesmo. A condutividade elétrica de cada um dos extratos de saturação de todas as amostras coletadas no ponto de despejo do rejeito, foi superior a 4 dS/m, caracterizando o solo como salino, sendo prejudicial ao desenvolvimento de culturas. O máximo valor foi verificado no local de despejo do rejeito de Icozeira (7,94 dS/m) e o menor foi em Aroeira (4,03 dS/m). As amostras coletadas a jusante do ponto de despejo do rejeito variaram entre solo normal e solo salino.

Conforme mostrou a Tabela 4.13, a proporção Ca/Mg sempre foi inferior a unidade, o que, segundo Porto et al. (1999), caracteriza uma intoxicação pelo íon específico de magnésio.

#### **4.4 – CONCLUSÕES**

Os poços de água sem dessalinizador, localizados em Poço Redondo-SE, encontravam-se sem aproveitamento. Alguns estavam paralisados sem funcionamento e outros abandonados. Foi identificado apenas um poço que estava produzindo água. Esta água era salobra, condição comumente encontrada na região.

Predominantemente, as unidades de dessalinização localizadas na área de Xingó vêm sendo operadas ineficientemente e com ausência de cuidados na manutenção dos equipamentos. De 56 unidades implantadas, 45 não vinham produzindo água dessalinizada. Além dessas 45 unidades, acrescenta-se a paralisação do dessalinizador de Areias em maio de 2006. Trata-se de mais um exemplo típico da forma equivocada, que vêm sendo administradas estas instalações no semi-árido.

Por um período de 1 ano, a empresa que vendeu os 4 equipamentos de dessalinização, monitorados na corrente pesquisa, assumiu a sua manutenção e/ou reparo. Após esse prazo, essas funções ficaram a cargo da prefeitura.

O rendimento médio dos dessalinizadores monitorados ficou entre 35,12% (Icozeira) e 56,44% (Minuim). Assim sendo, em média estas unidades

geravam entre 64,88% e 43,56% do total de água a ser dessalinizada. Esta faixa de variação obtida situa-se nos limites encontrados na literatura (PORTO et al., 2004).

Em nenhuma ocasião os parâmetros de qualidade da água bruta, que foram determinados, dos 4 poços monitorados atendeu a todos os padrões de potabilidade determinados.

O pH das amostras de água do permeado de Areias e Minuim sempre atenderam aos padrões de potabilidade, no entanto, em duas das dez amostras coletadas do permeado produzido pelo dessalinizador de Aroeira e em 6 das 9 amostras coletadas do permeado em Icozeira, esse parâmetro esteve abaixo da faixa (6,0 – 9,5), recomendada pela Portaria 518 do MS.

A cor aparente e a turbidez determinadas em amostras de água do permeado, produzido nas 4 instalações, sempre estiveram compatíveis com os padrões de potabilidade.

A concentração de STD e de cloretos da água do permeado, em todas as ocasiões, com exceção das duas últimas amostras do permeado produzido em Areias, sempre estiveram abaixo do valor máximo recomendado pelo MS (TDS  $\leq$  1000 mg/L e cloretos  $\leq$  250 mg Cl<sup>-</sup>/L.).

Os valores de dureza da água do permeado sempre atenderam ao estabelecido pelo MS (dureza  $\leq$  500 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

Em geral, não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes na água do permeado dos poços. Contudo, é recomendada a desinfecção, pois as torneiras, onde se retira o permeado, ficam expostas. Além disso, essa água é transportada em baldes ou latas, com boa possibilidade de ficar contaminada.

Os rejeitos produzidos nas unidades de dessalinização que operam na área de Xingó, são despejados no meio ambiente de forma indiscriminada. As análises de amostras coletadas no local de despejo do rejeito proveniente dos 4 dessalinizadores monitorados confirmaram o prejuízo que esta disposição inadequada no solo traz para este. A condutividade elétrica e o teor de STD

elevados do rejeito contribuíram. O máximo valor de condutividade elétrica foi verificado no local de despejo do rejeito de Icozeira (7,94 dS/m) e o menor foi em Aroeira (4,03 dS/m). As amostras nesses pontos, de acordo com a classificação, são salinas, sendo prejudicial ao desenvolvimento de culturas.

#### **4.5 – RECOMENDAÇÕES**

A construção de futuros poços em Poço Redondo, só deverá ser procedida, mediante um rigoroso estudo de viabilidade técnica-econômica, além de um severo comprometimento do(s) responsável(is) pela sua administração e manutenção, para atendimento no que preceitua a legislação sanitária e ambiental em vigor.

Campanhas educativas e informativas devem ser promovidas por organizações governamentais e não governamentais, na área de saúde e meio ambiente, no sentido de alertar aos consumidores da água dessalinizada, para a importância da desinfecção da água antes do consumo final.

As autoridades competentes devem proibir o consumo de água para abastecimento humano da água bruta do poço de Minuim, por não atender aos padrões de potabilidade.

Propõe-se que nos futuros processos de licitação de compra dos dessalinizadores, que porventura ocorram, seja orçado o preço do dessalinizador, acrescido da manutenção por um período de 3 anos. Sugere-se, também que, nessa licitação seja ajustado um valor de produção de determinado volume mensal de água doce (permeado), com uma qualidade especificada. Essas propostas também são recomendadas por Cravo (1999), no seu trabalho sobre o programa de dessalinização de água do Nordeste brasileiro.

Devem ser realizadas, periodicamente, capacitações dos operadores dos poços com dessalinização.

A gestão municipal deve fomentar projetos e pesquisas, que possibilitem um destino adequado (piscicultura, carcinocultura, cultivo de atriplex) ao rejeito. Existem inúmeras experiências positivas nesse sentido, retratados em universidades, no EMBRAPA Semi-Árido, IRPAA e no Instituto Xingó.

#### **4.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: 2005. Disponível em: < [http://www.ana.gov.br/pnrh\\_novo/documentos/02b%20Panorama%20da%20Qualidade%20%C1guas%20Subterr%20neas/VF%20Qualidade%20AguasSubterraneas.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/02b%20Panorama%20da%20Qualidade%20%C1guas%20Subterr%20neas/VF%20Qualidade%20AguasSubterraneas.pdf) >. Acesso em: 24 nov. 2006.

APHA; AWWA; WEF. Standards methods for the examination of waterwaste. 20<sup>a</sup> ed. Washington. American Public Health Association, American Water Works Associations, Water Environmental Federation. 1998.

BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G.; BENVENUTTI, S.M.P. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Diagnóstico do município de Poço Redondo. Aracaju: CPRM, 2002. 12 p. 1 CD-ROM.

CRAVO, J.G. O programa de dessalinização de água do nordeste brasileiro. In: 1<sup>o</sup> SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 95-114.

CRUCIANI, D.E. A drenagem na agricultura. São Paulo: Editora Nobel, 1980. 333 p.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. Hidrologia subterrânea. 2<sup>a</sup> ed. Barcelona: Omega S/A, 1983, v. 2, 2350 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2<sup>a</sup> Ed. revisada e atualizada. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.

FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BEZERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 11, nº 1, p. 92-102. 2006

MATOS, J.F.; MOTA, S.; AVELINO, F.F.; PÁDUA, V.L.; BRAGA, E.A.S.; MALVEIR, J.Q. Solução oxidante gerada a partir da eletrólise de rejeitos de dessalinizadores de água. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, nº 2, p. 143-152. 2006.

MONTENEGRO, A.; MARINHO, I.; SILVA, V.P.; ANDRADE, A.; SILVA, J.G.; PEREIRA, R.; ALBUQUERQUE, K.S. Impacto do uso de água subterrânea salina em áreas agrícolas do programa Xingó. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais... Aracaju: ABRH, 2001. 1 CD-ROM.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; SCHAFFER, J.M.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; MARINHO, I. Barragem subterrânea: a experiência do Programa Xingó. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C. Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização. In: 1º SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 51-57.

PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C.; SILVA JÚNIOR, L.G.A. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, nº 1, p. 111-114. 2001.

PORTO, E.P.; ARAÚJO, O.; ARAÚJO, G.G.L.; AMORIM, M.C.C.; PAULINO, R.V.; MATOS, A.N.B. Sistema integrado usando efluentes da dessalinização. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, 2004. 22 p.

SANTOS, A.C. Noções de hidroquímica. In: Hidrologia conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997, cap. 5. p. 81-108.

## CAPÍTULO 5

### MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE CISTERNAS EM POÇO REDONDO-SE

**RESUMO:** O município de Poço Redondo está situado na região semi-árida do estado de Sergipe. Apesar da proximidade com o rio São Francisco, o fornecimento de água potável é bastante precário, sendo freqüente o abastecimento por caminhões pipa, contratados pela prefeitura do município. Para complementar a demanda de água, são construídas cisternas pelos moradores que, em geral, envolvem a participação de ONGs. A qualidade da água de chuva armazenada nas cisternas, e consumida pela população, é desconhecida. É, portanto, importante o monitoramento da qualidade dessa água, a fim de se verificar o atendimento ao padrão de potabilidade e avaliar a possibilidade de associar a qualidade da água à ocorrência de doenças de veiculação hídrica. No presente trabalho foi realizado o monitoramento de alguns parâmetros de qualidade, em amostras de 20 cisternas construídas no município, cuja água é utilizada para consumo humano. Dentre os parâmetros analisados, constatou-se que o padrão de potabilidade não é completamente atendido e que os principais problemas de contaminação são decorrentes do inadequado manejo da água.

**Palavras-chave:** semi-árido de Sergipe, abastecimento de água, água de chuva, qualidade de água, cisternas.

**ABSTRACT:** The Poço Redondo municipality is located in the semi-arid zone of the state of Sergipe, Brazil. In despite of being bordered by the São Francisco river, the potable water supply is very poor. Thus, the local city hall has often hired water delivery trucks. Cisterns have also been built by inhabitants with support of Non Governmental Organizations (NGOs) in order to complement the water demand. However, the rainfall water quality stored and consumed by people is unknown. Therefore, it is important to accomplish the water quality monitoring in order to investigate if it complies with the potable water standards, and evaluate the possibility of association between water quality and

occurrence of waterborne diseases. In this research the monitoring of some water quality parameters collected at 20 cisterns built for human consumption purposes was performed. The results show that the water quality of these cisterns does not comply entirely with the potable water standards, and that the water quality of them is affected due their unsuitable management.

**Key words:** semi-arid of Sergipe, water supply, rainfall water, water quality, cisterns.

## 5.1 – INTRODUÇÃO

A qualidade da água da chuva pode ser alterada durante o processo de transporte e armazenamento. A primeira possibilidade de alteração ocorre durante sua passagem pelo telhado da casa. De fato, o telhado recebe vários tipos de depósitos trazidos pelo vento, como folhas, madeira, papel, etc, além de poeira. É também o lugar de passagem de animais roedores, aves e insetos. Os resíduos ou dejetos de animais são levados pelo escoamento da água de chuva nas telhas, podendo contaminar a água que será armazenada. Uma vez acumulados dentro da cisterna, esses resíduos podem se constituir fonte de matéria orgânica que pode favorecer o desenvolvimento de patógenos (BERNAT et al., 1993). Outra possível fonte de contaminação ocorre durante a retirada de porções de água da cisterna e manuseio da água para os vários usos. A segunda fonte de contaminação é menos significativa, pois afeta somente uma porção de água, enquanto a primeira pode contaminar toda a água armazenada (contaminação do manancial) (ANDRADE NETO, 2003; 2004).

Após um período prolongado sem chuva, uma certa quantidade de sujeira permanece acumulada no telhado. Por essa razão, é aconselhado evitar a entrada das primeiras águas escoadas do telhado na cisterna, colocando as tubulações de condução fora do orifício de alimentação da cisterna. O tempo de “lavagem” do telhado depende da intensidade da precipitação: pode ser reduzido a menos de uma hora no caso de uma chuva forte, ou pode ser prolongado até um ou dois dias no caso de uma chuva de pequena intensidade e constante (BERNAT, 1993).

A construção de cisternas próximas a fossas e pontos de lançamento de esgotos, a falta de conservação e de manejo adequado da água, aliados ao uso de tampas inadequadas, problemas de rachaduras e uso de cordas e baldes para retirada de água da cisterna, também podem representar fontes de contaminação da água. Desta forma, vários microorganismos, não só os pertencentes ao grupo coliformes totais e termotolerantes, mas também outras bactérias podem estar presentes na água (AMORIM; PORTO, 2003).

Meera e Ahammed (2006) fazem uma revisão na literatura, sobre a questão da qualidade de água de sistemas de coleta de água de chuva. De acordo com esses autores, a maioria das pesquisas revela que a água destes sistemas é bastante contaminada microbiologicamente, a menos que cuidados especiais sejam tomados, durante a coleta e o armazenamento da água de chuva. Além disso, estudos revelam que, em geral, a qualidade físico-química atende aos padrões de potabilidade, com notável exceção sendo o pH. Contudo, amplas variações na concentração de íons principais, como cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos, sulfatos e nitratos. Essa variação reflete diferenças no material do telhado, o seu tratamento, a sua orientação e declividade, além da qualidade do ar das características de precipitação da região. Além disso, metais pesados e compostos orgânicos traços podem também apresentar problemas em alguns casos.

Andrade Neto (2003; 2004) analisa vários aspectos da qualidade da água e da proteção sanitária de cisternas rurais, a fim de evitar a contaminação da água da cisterna, com a sujeira acumulada na superfície de captação e propõe as seguintes medidas:

(i) Deve haver um dispositivo para desviar automaticamente as primeiras águas de chuva. Em alguns casos quando a água é utilizada para outros fins, que não abastecimento humano, podem ser utilizadas grades ou peneiras autolimpantes, que não desperdiçam água e removem as sujeiras da linha de fluxo, mas são relativamente caras e requerem manutenção. Também podem ser usados filtros de areia externos ou internos (na própria cisterna), que quando dimensionados adequadamente podem reter impurezas e microrganismos de maior tamanho, melhorando a qualidade da água coletada.

- (ii) Não se deve ter contato direto com a água na cisterna; a água deve ser retirada preferencialmente por meio de tubulação (tomada direta, se a cisterna for apoiada no solo, ou por bomba, se for enterrada). Quando necessário (obrigatória em cisternas públicas enterradas), a bomba pode ser simples como as bombas de êmbolo ou com bola de gude. Contudo, em alguns casos pode ser requerido um sistema motor-bomba mais eficiente. Em cisternas familiares, o uso de bomba pode ser dispensado, se forem tomados cuidados higiênicos severos na retirada da água.
- (iii) As cisternas enterradas devem ser impermeabilizadas para evitar infiltrações de águas contaminadas, sempre que houver risco.
- (iv) A cisterna deve ser provida de extravasor e ventilação, a fim de garantir a reoxigenação da água, mas sem propiciar o acesso de insetos ou de luz abundante.
- (v) Deve haver uma tela de náilon ou arame em todas as saídas, a fim de evitar o acesso de insetos e pequenos animais. Na calha ou tubulação de entrada da água na cisterna não deve haver tela ou qualquer outra forma de retenção de sujeira na linha de fluxo.

Mesmo adotados todos os procedimentos pertinentes, convém tratar a água da cisterna antes de usá-la, principalmente nos casos em que não se tem a garantia de que a cisterna é abastecida somente por água de chuva, ou que não se tenha a garantia da potabilidade da água de carros-pipa (AMORIM; PORTO, 2003).

O município de Poço Redondo pertence à Microrregião Sergipana do Sertão e à Mesorregião do Sertão Sergipano, estando inserido no “Polígono das Secas”. Apesar de ser banhado em 23 km de extensão do seu território pelo rio São Francisco, uma significativa parcela de sua população, principalmente a rural, não dispõe de acesso regular ao abastecimento de água. Isso tem levado a prefeitura e, algumas vezes, até algumas pessoas, a contratar carros-pipa, principalmente na época de estiagem. Outras formas de abastecimento são poços com dessalinizador, aguadas e cisternas. Segundo o IBGE (2001), sua área é de cerca de 1.200 km<sup>2</sup> e na sua zona rural vivem 19.660 habitantes, enquanto que na zona urbana são 6.360 habitantes.

Algumas ONGs, tais como o CDJBC (Centro Dom José Brandão de Capacitação), AMASE (Associação Mão no Arado de Sergipe), o CECAC (Centro de Capacitação de Canudos) do MST (Movimento dos Sem Terra) e a Cáritas (instituição da Igreja Católica), têm se ocupado em angariar e gerir recursos no sentido de construir cisternas em Poço Redondo. Com os recursos geridos pelo CDJBC foram construídas, nos últimos anos, 520 cisternas, 100 pela AMASE (construídas de 2003 a 2005), 67 pelo CECAC (2002 a 2004) e 30 pela Cáritas.

Embora as águas pluviais sejam, em geral, de boa qualidade, é necessário que alguns cuidados sejam tomados. É muito importante que se conheça a qualidade da água que se encontra armazenada nessas cisternas, a fim de se verificar o atendimento dos padrões de potabilidade, uma vez que essa água é utilizada para consumo pela população. Este trabalho apresenta os resultados do monitoramento de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da qualidade de água de algumas das cisternas instaladas em Poço Redondo-SE. Além disso, a forma de manejo da água armazenada nas cisternas é também abordada.

## **5.2 – METODOLOGIA**

As 20 cisternas utilizadas no presente trabalho foram escolhidas aleatoriamente, uma em cada localidade situada em Poço Redondo-SE, onde foram construídas cisternas com os recursos geridos pelo CECAC, CDJBC, AMASE e Cáritas, com frequência mensal, e períodos distintos de duração do monitoramento. No Anexo B podem ser vistas as 20 cisternas monitoradas. Na Tabela 5.1 consta as localidades das cisternas monitoradas, com o número de residentes, além do período de monitoramento.

Tabela 5.1: Localidade, com o número de residentes, e período de monitoramento da qualidade da água de 20 cisternas, localizadas em Poço Redondo-SE, com frequência mensal de amostragem.

| <b>Número da cisterna</b> | <b>Localidade</b>               | <b>Número de pessoas residentes</b> | <b>Período de monitoramento</b>   |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1                         | Areias                          | 4                                   | <p>11 meses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Julho a novembro de 2005 (mensalmente)</li> <li>• Janeiro a junho de 2006 (mensalmente)</li> </ul> |
| 2                         | Assentamento Cajueiro           | 7                                   |   |
| 3                         | Assentamento Maria Bonita       | 7                                   |   |
| 4                         | Assentamento Maria Feitosa      | 7                                   |   |
| 5                         | Assentamento Mulungu            | 3                                   |   |
| 6                         | Assentamento Pioneira           | 4                                   |   |
| 7                         | Assentamento São Francisco      | 1                                   |   |
| 8                         | Assentamento São José de Nazaré | 6                                   |   |
| 9                         | Maranduba                       | 10                                  |   |
| 10                        | Pia do Boi                      | 3                                   |   |
| 11                        | Queimadas                       | 4                                   |   |
| 12                        | Rancho Velho                    | 5                                   |   |
| 13                        | Tanque Novo                     | 4                                   |   |
| 14                        | Berro Grosso                    | 5                                   | <p>2 meses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Julho a agosto de 2005 (mensalmente)</li> </ul>   |
| 15                        | Flor da Serra                   | 5                                   |   |
| 16                        | Jacaré/Curituba                 | 6                                   |   |
| 17                        | Pé da Serra                     | 9                                   |   |
| 18                        | Salgadinho                      | 5                                   |   |
| 19                        | São José                        | 4                                   |   |
| 20                        | Serra da Guia                   | 7                                   |   |

Adotou-se o seguinte procedimento de coleta, para os ensaios físico-químicos (alcalinidade, cloreto e dureza) realizados no laboratório:

- (i) Foram utilizados recipientes de 1000 mL nas coletas para os ensaios destinados à determinação de parâmetros físico-químicos da água das cisternas monitoradas.
- (ii) No laboratório era efetuada uma limpeza nestes recipientes, com detergente neutro e água de destilada.
- (iii) Quando era possível, água era coletada diretamente com o referido recipiente de 1000 mL. Nas ocasiões, onde não era possível coletá-la diretamente, foi utilizado um recipiente de transposição (balde atado a uma corda, utilizado pelo usuário da cisterna). Então, a água coletada no recipiente de transposição era transferida para o referido recipiente de 1000 mL.

A água coletada em cada cisterna, com o balde, era também transferida (em algumas coletas) para 2 recipientes de 100 mL, sendo um destinado à determinação de sódio e potássio no laboratório e o outro (com 5 mL de ácido nítrico) para a determinação de alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco no laboratório.

Foram adotados os seguintes procedimentos de coleta para os ensaios bacteriológicos:

- (i) Foram utilizados recipientes autoclavados de boca larga, com capacidade de 250 mL, não tóxicos e estéreis, contendo 0,1 mL (aproximadamente 2 gotas) de solução de tiosulfato de sódio a 10%, a fim de neutralizar a ação do cloro.
- (ii) O recipiente autoclavado era destampado no momento da coleta, removendo a tampa e o material protetor (papel alumínio) conjuntamente, tendo o cuidado de não deixar que a tampa não tivesse contato em qualquer superfície, além de não tocar no bocal.
- (iii) Na impossibilidade de coletar-se diretamente com o recipiente autoclavado era utilizado um recipiente de transposição (balde atado a uma corda, utilizado pelo usuário da cisterna). Em seguida, a água coletada nesse recipiente de transposição era colocada no recipiente autoclavado.

Os recipientes destinados aos ensaios físico-químicos e bacteriológicos eram identificados e colocados em uma caixa de isopor com gelo, com a função de preservar a qualidade da água neles armazenadas, durante o trajeto até o laboratório.

Os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos que foram determinados, o local de sua determinação e método empregado, são apresentados na Tabela 5.2. Todas as análises foram realizadas em conformidade com o que preconiza o APHA et al. (1998). A cor aparente foi determinada apenas nas coletas realizadas entre março a junho de 2006.

Tabela 5.2: Parâmetros de qualidade determinados na água coletada nas 20 cisternas, com o local de sua determinação e método utilizado.

| <b>Parâmetro</b>                      | <b>Local de determinação</b>   | <b>Método</b>   |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Alcalinidade                          | Laboratório do Instituto Xingó | Potenciométrico |
| Cloretos                              | Laboratório do Instituto Xingó | Titulométrico   |
| Coliformes (totais e termotolerantes) | Laboratório do Instituto Xingó | Tubos múltiplos |
| Condutividade elétrica                | Campo                          | Condutivímetro  |
| Cor aparente                          | Campo                          | Colorímetro     |
| Dureza (total e cálcica)              | Laboratório do Instituto Xingó | Titulométrico   |
| pH                                    | Campo                          | Potenciométrico |
| Sólidos totais dissolvidos (STD)      | Campo                          | Condutivímetro  |
| Temperatura                           | Campo                          | Leitura direta  |
| Turbidez                              | Laboratório do Instituto Xingó | Nefelométrico   |

As concentrações de alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco, presentes na amostras de água coletadas, foram determinadas utilizando-se o espectrofotômetro de emissão atômica em plasma indutivamente acoplado (ICP). As concentrações de sódio e potássio foram determinadas, através do emprego do fotômetro de chamas. Vale observar que, a concentração de ferro nas amostras coletadas em novembro de 2005 foi determinada, através do emprego do fotômetro de chamas.

Para cada cisterna monitorada, foram levantados os seguintes dados: número de pessoas atendidas, realização de desvio das primeiras águas de chuva, procedimento de retirada de água da cisterna, existência e tipo de

tratamento, local de aplicação de produtos químicos (quando aplicados), acessórios existentes (extravasor, ventilação, etc.) e origem da água armazenada no dia da coleta (chuva, abastecimento público (DESO), caminhão pipa, mistura entre estas). Nos últimos 3 meses de monitoramento da qualidade da água (abril, maio e junho de 2006) foi determinado o nível da água armazenada nas cisternas de nº 1 a 13.

Como será visto mais adiante, o pH da água das cisternas diversas vezes atingiu valores bem elevados. Foram construídas duas caixas de 70 x 60 cm x 15 cm de altura (uma foi confeccionada com um produto comercial utilizado na impermeabilização de cisternas e a outra foi confeccionada sem este impermeabilizante), para investigar a sua influência na elevação do pH. Este produto químico tem a propriedade de impermeabilizar concretos e argamassas por hidrofugação do sistema capilar e permite a respiração dos materiais, mantendo os ambientes salubres. Sua composição básica é de sais metálicos e silicatos. As etapas para a confecção da caixa, com o referido produto na sua composição, foram as seguintes:

- (i) Utilizou-se um pedaço de telha de fibrocimento do tipo calhetão da Eternit.
  - (ii) As duas extremidades foram fechadas com pedaços da própria telha recortada de forma a se ajustar perfeitamente na calha da telha.
  - (iii) Foi aplicado internamente sobre toda a superfície um chapisco no traço 1:1, de cimento e areia grossa.
  - (iv) Sobre o chapisco foi aplicada uma camada de cerca de 2 cm de espessura de reboco no traço 1:3 de cimento e areia, com adição do impermeabilizante na água de amassamento.
  - (v) Foi deixado durante 7 dias, mantendo-se a caixa sempre cheia d'água, a fim de proporcionar uma boa cura da argamassa aplicada.
  - (vi) Foi colocado água da torneira e foram realizadas medições do pH durante 5 dias desta água armazenada na caixa. Após os 5 dias, a caixa foi esvaziada e enchida com água da chuva, onde foi determinado o pH, durante 5 dias.
- Antes da colocação da água da torneira e da de chuva na caixa foi determinado o pH destas águas, além do pH do impermeabilizante.

Para a caixa construída sem o impermeabilizante na sua composição, utilizou-se o mesmo procedimento anterior, com exceção da etapa iv, onde não houve adição deste produto. Da mesma forma descrita anteriormente, foram determinados o pH da água da torneira e o pH da água da chuva antes e após a sua colocação na caixa.

### **5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Todas as cisternas levantadas e monitoradas eram de placa de cimento de forma cilíndrica, coberta e semi-enterrada, algumas com capacidade para armazenar 15 m<sup>3</sup>, outras com capacidade para 16 m<sup>3</sup>. O telhado de todas as casas era de material cerâmico (telha canal). Segundo Yaziz et al. (1989) e Lanka Rainwater Harvesting Forum (2001), a qualidade microbiológica da água de chuva, proveniente de telhados metálicos é, geralmente, melhor que outros tipos de telhados e, segundo o Lanka Rainwater Harvesting Forum (2001), o inverso se verifica para os telhados cerâmicos.

A calha de todas as 20 cisternas monitoradas era de zinco e a tubulação que interligava a calha a essas cisternas era de PVC. Todas essas cisternas foram pintadas de branco que, segundo Gnadlinger (1999), diminui o aquecimento, a fim de dificultar o surgimento de fissuras.

Os agentes de saúde distribuíam hipoclorito para os proprietários das cisternas. Porém, a distribuição não vinha sendo freqüente. Alguns moradores colocavam esse produto somente na cisterna, outros só no pote, outros em ambos e alguns admitem que não o utilizavam (Assentamento Maria Bonita, Maranduba, Areias e Assentamento Pioneira).

Quanto à origem da água armazenada nas cisternas no dia de cada coleta de água para análise, obteve-se dos moradores proprietários o seguinte: a água tinha as mais variadas procedências: chuva, carro pipa, sistema de abastecimento público (DESO), de chafariz público, ou uma mistura (carro pipa, chafariz, chuva, rede pública e chuva). Segundo Amorim e Porto (2003), essa prática de não armazenar somente água de chuva em cisterna vem sendo comum nas comunidades do semi-árido nordestino.

Todos os 20 proprietários retiravam a água da cisterna através de balde (quando necessário atado a uma corda), embora algumas cisternas possuíssem bomba bola de gude (Areias, Assentamento Cajueiro, Assentamento São José de Nazaré, Assentamento São Francisco, Maranduba, Pé da Serra e Salgadinho), pois se queixavam da baixa vazão desta. Na cisterna de Queimadas, inclusive o proprietário a removeu da cisterna. Ao longo das visitas (dias de coleta), algumas situações impróprias foram presenciadas, tais como, por exemplo: presença de animais no interior de cisterna, fissuras em cisterna, tampa da cisterna aberta, deteriorada e/ou inadequada, entre outras. É recomendado que a cisterna seja localizada a pelo menos 30 m de fossas, galinheiros, pocilgas e similares. Essa recomendação não foi verificada em nenhuma das 20 cisternas monitoradas. Na Figura 5.1 são vistas alguns exemplos de manejo inadequado das cisternas monitoradas.

Das cisternas monitoradas, apenas a cisterna do Assentamento São José de Nazaré era dotada de peneira na tubulação de entrada da cisterna, o que previne a passagem de resíduos carregados com a água de chuva. Esta peneira é vista na Figura 5.2.



(a) Tampa deteriorada



(b) Anfíbio no interior



(c) Presença de fissuras



(d) Fossa com distância inferior a 30 m da cisterna



(e) Bomba de bola de gude retirada da cisterna



(f) Tubulação, que interliga a calha à cisterna, colocada no chão

Figura 5.1: Algumas situações impróprias, presenciadas nas cisternas monitoradas.



(a) Detalhe da peneira



(b) Insetos retidos pela peneira

Figura 5.2: Peneira de coar chá, utilizada na tubulação de entrada da cisterna do Assentamento São José de Nazaré, para impedir o acesso de insetos e outros animais de pequenas dimensões, além de detritos.

Em abril (geralmente mês seco em Poço Redondo), maio e junho (geralmente meses chuvosos em Poço Redondo) de 2006, últimos meses de monitoramento das cisternas, foi medido o nível da água no interior da cisterna. Os resultados são apresentados na Tabela 5.3, onde se nota uma heterogeneidade no nível da água das cisternas.

Tabela 5.3: Nível da água armazenada em 13 cisternas monitoradas, localizadas em Poço Redondo-SE.

| Número da cisterna | Localidade                 | Nível da cisterna monitorada (cm) |     |       |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----|-------|
|                    |                            | 2006                              |     |       |
|                    |                            | Abril                             | Mai | Junho |
| 1                  | Areias                     | 11                                | 92  | 22    |
| 2                  | Assentamento Cajueiro      | 18                                | 65  | 32    |
| 3                  | Assentamento Maria Bonita  | 30                                | 22  | 14    |
| 4                  | Assentamento Maria Feitosa | 41                                | 33  | 47    |
| 5                  | Assentamento Mulungu       | 85                                | 53  | 51    |
| 6                  | Assentamento Pioneira      | 96                                | 126 | 146   |
| 7                  | Assentamento São Francisco | 88                                | 79  | 14    |
| 8                  | São José de Nazaré         | 22                                | 29  | 19    |
| 9                  | Maranduba                  | 140                               | 125 | 147   |
| 10                 | Pia do Boi                 | 52                                | 34  | 26    |
| 11                 | Queimadas                  | 107                               | 102 | 108   |
| 12                 | Rancho Velho               | 50                                | 71  | 98    |
| 13                 | Tanque Novo                | 34                                | 21  | 29    |

Os resultados das análises físico-químicas na água das cisternas são apresentados na Tabela 5.4, enquanto que nas Tabelas 5.5 a 5.11 são apresentados os resultados das análises de metais na água coletada nas cisternas 1 a 13. O Anexo C contém gráficos dos resultados dos parâmetros físico-químicos determinados, com a indicação da origem da água armazenada, que foi coletada. Vale observar que na coleta realizada em março de 2006, a cisterna de Tanque Novo encontrava-se vazia. Os moradores estavam armazenando água proveniente de um barreiro em recipientes. Ela tinha um aspecto bastante turvo, porém, vinha sendo consumida pelos moradores. Essa água foi coletada para a determinação de seus parâmetros.

Tabela 5.4: Valores máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos da água coletada de 20 cisternas no município de Poço Redondo-SE.

| Nº da cisterna | Localidade              | Parâmetro                               |   |                                      |                                      |                                      |  |  |                                       |  |  |
|----------------|-------------------------|---|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|--|
|                |                         | Condutividade elétrica (mS/cm)          | STD (mg/L)                              | Temperatura (°C)                     | pH                                   | Cor aparente (uH)                    | Turbidez (uT)                          | Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)       | Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) |
| 1              | Areias                  | 263,0 – 79,5                            | 334,5 – 117,5                           | 30,6 – 23,5                          | 9,4 – 8,1                            | 13,4 – 4,0                           | 3,18 – 0,44                            | 66 – 4                                       | 16 – 1                                | 110 – 30                               | 102 – 24                                 |
|                |                         | 173,6 ± 51,1<br>C <sub>V</sub> = 29,5%  | 252,3 ± 84,9<br>C <sub>V</sub> = 33,7%  | 27,2 ± 2,6<br>C <sub>V</sub> = 9,5%  | 8,9 ± 0,4<br>C <sub>V</sub> = 4,5%   | 7,7 ± 4,3<br>C <sub>V</sub> = 55,8%  | 1,02 ± 0,79<br>C <sub>V</sub> = 77,45% | 30,4 ± 27,3<br>C <sub>V</sub> = 89,8%        | 3,8 ± 4,7<br>C <sub>V</sub> = 123,7%  | 59,8 ± 23,9<br>C <sub>V</sub> = 40,0%  | 58,4 ± 22,4<br>C <sub>V</sub> = 38,3%    |
| 2              | Ass. Cajueiro           | 392,0 – 103,3                           | 258,0 – 155,1                           | 31,9 – 22,5                          | 9,1 – 6,6                            | 22,6 – 6,2                           | 4,13 – 0,55                            | 91 – 5                                       | 10 – 2                                | 87 – 24                                | 79 – 10                                  |
|                |                         | 157,1 ± 87,7<br>C <sub>V</sub> = 55,8%  | 181,9 ± 33,9<br>C <sub>V</sub> = 18,6%  | 27,3 ± 3,1<br>C <sub>V</sub> = 11,3% | 8,2 ± 0,8<br>C <sub>V</sub> = 9,7%   | 14,5 ± 6,7<br>C <sub>V</sub> = 46,2% | 1,3 ± 1,0<br>C <sub>V</sub> = 76,92%   | 32,6 ± 27,9<br>C <sub>V</sub> = 85,6%        | 4,7 ± 2,4<br>C <sub>V</sub> = 51,1%   | 40,2 ± 17,3<br>C <sub>V</sub> = 43,0%  | 30,1 ± 17,7<br>C <sub>V</sub> = 58,8%    |
| 3              | Ass. Maria Bonita       | 246,0 – 81,6                            | 369,6 – 119,6                           | 29,7 – 24,0                          | 9,3 – 8,2                            | 9,3 – 0,3                            | 1,77 – 0,48                            | 63 – 5                                       | 18 – 2                                | 102 – 41                               | 88 – 30                                  |
|                |                         | 164,5 ± 54,0<br>C <sub>V</sub> = 32,8%  | 240,8 ± 85,6<br>C <sub>V</sub> = 35,5%  | 26,9 ± 2,7<br>C <sub>V</sub> = 10,0% | 8,8 ± 0,3<br>C <sub>V</sub> = 3,4%   | 3,9 ± 3,8<br>C <sub>V</sub> = 97,4%  | 1,12 ± 0,48<br>C <sub>V</sub> = 42,86% | 25,8 ± 25,5<br>C <sub>V</sub> = 98,8%        | 9,5 ± 11,5<br>C <sub>V</sub> = 121,1% | 58,9 ± 20,2<br>C <sub>V</sub> = 34,3%  | 42,5 ± 21,2<br>C <sub>V</sub> = 49,9%    |
| 4              | Ass. Maria Feitosa      | 123,3 – 61,0                            | 317,0 – 122,2                           | 29,3 – 23,8                          | 8,9 – 7,7                            | 11,0 – 0,2                           | 1,35 – 0,61                            | 33 – 5                                       | 6 – 1                                 | 95 – 37                                | 65 – 16                                  |
|                |                         | 107,3 ± 30,2<br>C <sub>V</sub> = 28,1%  | 173,4 ± 58,3<br>C <sub>V</sub> = 33,6%  | 26,6 ± 1,9<br>C <sub>V</sub> = 7,1%  | 8,1 ± 0,6<br>C <sub>V</sub> = 7,4%   | 7,6 ± 5,1<br>C <sub>V</sub> = 67,1%  | 0,97 ± 0,25<br>C <sub>V</sub> = 25,77% | 15,4 ± 12,4<br>C <sub>V</sub> = 80,5%        | 2,8 ± 1,6<br>C <sub>V</sub> = 57,1%   | 56,4 ± 19,5<br>C <sub>V</sub> = 34,6%  | 30,4 ± 14,9<br>C <sub>V</sub> = 49,0%    |
| 5              | Ass. Mulungu            | 154,0 – 97,0                            | 221,0 – 135,9                           | 32,2 – 23,2                          | 8,7 – 7,1                            | 10,1 – 0,4                           | 1,37 – 0,29                            | 44 – 5                                       | 8 – 2                                 | 65 – 36                                | 51 – 20                                  |
|                |                         | 120,0 ± 21,0<br>C <sub>V</sub> = 17,5%  | 172,8 ± 28,8<br>C <sub>V</sub> = 16,7%  | 28,0 ± 3,0<br>C <sub>V</sub> = 10,7% | 8,3 ± 0,5<br>C <sub>V</sub> = 6,0%   | 5,2 ± 4,0<br>C <sub>V</sub> = 76,9%  | 0,78 ± 0,31<br>C <sub>V</sub> = 39,74% | 24,7 ± 17,4<br>C <sub>V</sub> = 70,4%        | 3,7 ± 2,1<br>C <sub>V</sub> = 56,7%   | 44,1 ± 9,3<br>C <sub>V</sub> = 21,1%   | 30,3 ± 10,3<br>C <sub>V</sub> = 34,0%    |
| 6              | Ass. Pioneira           | 151,1 – 86,4                            | 224,0 – 129,1                           | 31,2 – 23,2                          | 8,9 – 6,5                            | 13,6 – 0,3                           | 0,95 – 0,34                            | 47 – 6                                       | 6 – 2                                 | 51 – 36                                | 41 – 24                                  |
|                |                         | 124,0 ± 18,0<br>C <sub>V</sub> = 14,5%  | 181,8 ± 26,9<br>C <sub>V</sub> = 14,8%  | 27,6 ± 2,8<br>C <sub>V</sub> = 10,1% | 8,2 ± 0,7<br>C <sub>V</sub> = 8,5%   | 6,0 ± 5,8<br>C <sub>V</sub> = 96,7%  | 0,61 ± 0,19<br>C <sub>V</sub> = 31,15% | 25,2 ± 15,1<br>C <sub>V</sub> = 59,9%        | 4,5 ± 1,8<br>C <sub>V</sub> = 40,0%   | 44,0 ± 4,9<br>C <sub>V</sub> = 11,1%   | 35,0 ± 5,4<br>C <sub>V</sub> = 15,4%     |
| 7              | Ass. São Francisco      | 307,0 – 123,5                           | 750,0 – 184,6                           | 31,2 – 23,9                          | 10,5 – 7,5                           | 16,8 – 6,7                           | 1,27 – 0,57                            | 126 – 4                                      | 4 – 2                                 | 61 – 14                                | 51 – 8                                   |
|                |                         | 272,7 ± 178,1<br>C <sub>V</sub> = 65,3% | 348,4 ± 191,5<br>C <sub>V</sub> = 55,0% | 27,7 ± 2,6<br>C <sub>V</sub> = 9,4%  | 9,0 ± 0,89<br>C <sub>V</sub> = 9,9%  | 11,5 ± 4,1<br>C <sub>V</sub> = 35,6% | 0,85 ± 0,19<br>C <sub>V</sub> = 22,35% | 53,3 ± 45,2<br>C <sub>V</sub> = 84,8%        | 3,1 ± 1,2<br>C <sub>V</sub> = 38,7%   | 34,7 ± 10,7<br>C <sub>V</sub> = 30,9%  | 23,0 ± 12,9<br>C <sub>V</sub> = 56,1%    |
| 8              | Ass. São José de Nazaré | 711,0 – 117,9                           | 836,0 – 175,2                           | 31,2 – 23,1                          | 11,8 – 8,8                           | 9,7 – 2,1                            | 0,99 – 0,56                            | 162 – 5                                      | 18 – 2                                | 102 – 14                               | 79 – 10                                  |
|                |                         | 380,8 ± 238,1<br>C <sub>V</sub> = 62,5% | 459,6 ± 295,5<br>C <sub>V</sub> = 64,3% | 27,4 ± 2,5<br>C <sub>V</sub> = 9,1%  | 10,4 ± 1,2<br>C <sub>V</sub> = 11,5% | 5,4 ± 3,3<br>C <sub>V</sub> = 61,1%  | 0,75 ± 0,14<br>C <sub>V</sub> = 18,67% | 78,5 ± 65,5<br>C <sub>V</sub> = 83,4%        | 6,2 ± 4,8<br>C <sub>V</sub> = 77,4%   | 70,6 ± 32,7<br>C <sub>V</sub> = 46,3%  | 30,1 ± 17,7<br>C <sub>V</sub> = 58,8%    |
| 9              | Maranduba               | 192,0 – 129,0                           | 239,0 – 191,8                           | 31,7 – 23,0                          | 10,1 – 8,4                           | 7,0 – 0,0                            | 0,89 – 0,40                            | 70 – 4                                       | 6 – 2                                 | 80 – 41                                | 45 – 21                                  |
|                |                         | 149,4 ± 17,0<br>C <sub>V</sub> = 11,4%  | 216,3 ± 15,6<br>C <sub>V</sub> = 7,2%   | 26,9 ± 2,4<br>C <sub>V</sub> = 8,9%  | 9,6 ± 0,6<br>C <sub>V</sub> = 6,2%   | 3,1 ± 2,9<br>C <sub>V</sub> = 93,5%  | 0,64 ± 0,15<br>C <sub>V</sub> = 23,44% | 30,5 ± 26,1<br>C <sub>V</sub> = 85,6%        | 2,9 ± 1,3<br>C <sub>V</sub> = 44,8%   | 56,2 ± 13,5<br>C <sub>V</sub> = 24,0%  | 31,4 ± 10,1<br>C <sub>V</sub> = 32,2%    |
| 10             | Pia do Boi              | 241,0 – 119,0                           | 359,0 – 165,0                           | 29,9 – 23,4                          | 9,0 – 6,7                            | 6,7 – 4,4                            | 1,52 – 0,46                            | 71 – 5                                       | 18 – 2                                | 132 – 36                               | 102 – 24                                 |
|                |                         | 183,9 ± 43,7<br>C <sub>V</sub> = 23,7%  | 271,9 ± 74,7<br>C <sub>V</sub> = 27,5%  | 26,4 ± 2,5<br>C <sub>V</sub> = 9,5%  | 8,4 ± 0,8<br>C <sub>V</sub> = 9,5%   | 5,4 ± 0,9<br>C <sub>V</sub> = 16,7%  | 0,79 ± 0,28<br>C <sub>V</sub> = 35,44% | 33,2 ± 25,9<br>C <sub>V</sub> = 78,0%        | 5,6 ± 5,1<br>C <sub>V</sub> = 91,1%   | 83,5 ± 28,3<br>C <sub>V</sub> = 33,9%  | 58,4 ± 22,4<br>C <sub>V</sub> = 38,3%    |

Obs: C<sub>V</sub> é o coeficiente de variação

(Continua)

Tabela 5.4: Valores máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos da água coletada de 20 cisternas no município de Poço Redondo-SE (cont.).

| Nº da cisterna | Localidade       | Parâmetro                               |   |                                     |                                     |                          |   |  |  |  |  |
|----------------|------------------|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|--|--|--|--|
|                |                  | Condutividade elétrica (mS/cm)          | STD (mg/L)                              | Temperatura (°C)                    | pH                                  | Cor aparente (uH)        | Turbidez (uT)                             | Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L)        | Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) |
| 11             | Queimadas        | 192,0 – 129,0                           | 279,7 – 213,0                           | 30,6 – 24,6                         | 9,7 – 8,4                           | 6,0 – 0,0                | 2,25 – 0,41                               | 51 – 4                                       | 12 – 2                                 | 57 – 41                                | 53 – 20                                  |
|                |                  | 165,9 ± 12,7<br>C <sub>V</sub> = 7,7%   | 248,8 ± 20,6<br>C <sub>V</sub> = 8,3%   | 27,6 ± 2,2<br>C <sub>V</sub> = 8,0% | 9,0 ± 0,4<br>C <sub>V</sub> = 4,4%  | 3,1 ± 3,3<br>106,4%      | 0,84 ± 0,50<br>C <sub>V</sub> = 59,52%    | 26,3 ± 20,1<br>C <sub>V</sub> = 76,4%        | 6,0 ± 3,5<br>C <sub>V</sub> = 58,3%    | 49,6 ± 5,5<br>C <sub>V</sub> = 11,1%   | 38,0 ± 9,1<br>C <sub>V</sub> = 23,9%     |
| 12             | Rancho Velho     | 207,0 – 129,8                           | 296,0 – 192,8                           | 30,6 – 23,8                         | 10,7 – 8,3                          | 11,5 – 3,3               | 16,84 – 0,43                              | 82 – 5                                       | 8 – 2                                  | 92 – 41                                | 51 – 8                                   |
|                |                  | 169,5 ± 26,4<br>C <sub>V</sub> = 15,6%  | 246,2 ± 35,4<br>C <sub>V</sub> = 14,4%  | 27,5 ± 2,2<br>C <sub>V</sub> = 8,0% | 9,5 ± 0,8<br>C <sub>V</sub> = 8,4%  | 7,3 ± 4,1<br>56,2%       | 2,92 ± 4,94<br>C <sub>V</sub> = 169,2%    | 42,0 ± 35,1<br>C <sub>V</sub> = 83,4%        | 3,7 ± 1,9<br>C <sub>V</sub> = 51,4%    | 52,1 ± 14,5<br>C <sub>V</sub> = 27,8%  | 23,0 ± 12,9<br>C <sub>V</sub> = 56,1%    |
| 13             | Tanque Novo      | 476,0 – 78,4                            | 706,0 – 116,6                           | 28,4 – 22,6                         | 8,8 – 6,7                           | 2930,0 – 5,8             | 201,00 – 0,69                             | 47 – 5                                       | 50 – 3                                 | 126 – 34                               | 88 – 20                                  |
|                |                  | 211,9 ± 129,3<br>C <sub>V</sub> = 61,0% | 321,7 ± 205,4<br>C <sub>V</sub> = 63,8% | 26,3 ± 2,0<br>C <sub>V</sub> = 7,6% | 8,1 ± 0,8<br>C <sub>V</sub> = 9,9%  | 740,9 ± 1459,4<br>197,0% | 21,89 ± 62,96<br>C <sub>V</sub> = 287,62% | 23,9 ± 16,5<br>C <sub>V</sub> = 69,0%        | 13,9 ± 14,6<br>C <sub>V</sub> = 105,0% | 64,6 ± 33,0<br>C <sub>V</sub> = 51,1%  | 39,7 ± 24,2<br>C <sub>V</sub> = 60,9%    |
| 14             | Berro Grosso     | 175,0 – 172,0                           | 257,0 – 257,0                           | 23,6 – 23,5                         | 9,6 – 9,3                           | ---                      | 0,79 – 0,69                               | 15 – 15                                      | 8 – 6                                  | 55 – 41                                | 88 – 20                                  |
|                |                  | 173,5 ± 2,1<br>C <sub>V</sub> = 1,2%    | ---                                     | 23,5 ± 0,1<br>C <sub>V</sub> = 0,4% | 9,4 ± 0,2<br>C <sub>V</sub> = 2,1%  | ---                      | 0,74 ± 0,07<br>C <sub>V</sub> = 9,46%     | 15 ± 0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%              | 7,0 ± 1,4<br>C <sub>V</sub> = 20,0%    | 48,0 ± 9,9<br>C <sub>V</sub> = 20,6%   | 39,7 ± 24,2<br>C <sub>V</sub> = 60,9%    |
| 15             | Flor da Serra    | 198,0 – 163,0                           | 242,0 – 242                             | 24,3 – 24,0                         | 9,3 – 9,2                           | ---                      | 1,09 – 0,54                               | 65 – 64                                      | 12 – 8                                 | 40 – 39                                | 41 – 24                                  |
|                |                  | 180,5 ± 24,7<br>C <sub>V</sub> = 13,7%  | 242,0 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%    | 24,1 ± 0,2<br>C <sub>V</sub> = 0,8% | 9,2 ± 0,1<br>C <sub>V</sub> = 1,1%  | ---                      | 0,80 ± 0,40<br>C <sub>V</sub> = 50,00%    | 64,5 ± 0,7<br>C <sub>V</sub> = 1,1%          | 10,0 ± 2,8<br>C <sub>V</sub> = 28,0%   | 39,5 ± 0,7<br>C <sub>V</sub> = 1,8%    | 35,0 ± 5,4<br>C <sub>V</sub> = 15,4%     |
| 16             | Jacaré/ Curituba | 211,0 – 201,0                           | 314,4 – 314,4                           | 23,1 – 22,5                         | 7,3 – 7,1                           | ---                      | 1,21 – 1,18                               | 77 – 75                                      | 6 – 4                                  | 78 – 69                                | 53 – 20                                  |
|                |                  | 206,0 ± 7,1<br>C <sub>V</sub> = 3,4%    | 314,4 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%    | 22,8 ± 0,4<br>C <sub>V</sub> = 1,8% | 7,2 ± 0,1<br>C <sub>V</sub> = 1,4%  | ---                      | 1,20 ± 0,02<br>C <sub>V</sub> = 1,67%     | 76,0 ± 1,4<br>C <sub>V</sub> = 1,8%          | 5,0 ± 1,4<br>C <sub>V</sub> = 28,0%    | 73,5 ± 6,4<br>C <sub>V</sub> = 8,7%    | 38,0 ± 9,1<br>C <sub>V</sub> = 23,9%     |
| 17             | Pé da Serra      | 194,0 – 147,0                           | 222,2 – 222,2                           | 24,6 – 24,0                         | 8,2 – 8,0                           | ---                      | 1,89 – 0,71                               | 60 – 49                                      | 20 – 14                                | 53 – 41                                | 65 – 16                                  |
|                |                  | 170,5 ± 33,2<br>C <sub>V</sub> = 19,5%  | 222,2 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%    | 24,3 ± 0,4<br>C <sub>V</sub> = 1,6% | 8,1 ± 0,14<br>C <sub>V</sub> = 1,7% | ---                      | 1,30 ± 0,83<br>C <sub>V</sub> = 63,8%     | 54,5 ± 7,8<br>C <sub>V</sub> = 14,3%         | 17,0 ± 4,2<br>C <sub>V</sub> = 24,7%   | 47,0 ± 8,5<br>C <sub>V</sub> = 18,1%   | 30,4 ± 14,9<br>C <sub>V</sub> = 49,0%    |
| 18             | Salgadinho       | 284,0 – 253,0                           | 429,0 – 429,0                           | 25,0 – 23,7                         | 9,0 – 9,0                           | ---                      | 0,82 – 0,68                               | 95 – 74                                      | 20 – 14                                | 89 – 82                                | 51 – 20                                  |
|                |                  | 268,5 ± 21,9<br>C <sub>V</sub> = 8,2%   | 429,0 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%    | 24,3 ± 0,9<br>C <sub>V</sub> = 3,7% | 9,0 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%  | ---                      | 0,70 ± 0,99<br>C <sub>V</sub> = 141,4%    | 84,5 ± 14,8<br>C <sub>V</sub> = 17,6%        | 17,0 ± 4,2<br>C <sub>V</sub> = 24,7%   | 85,5 ± 4,9<br>C <sub>V</sub> = 5,7%    | 30,3 ± 10,3<br>C <sub>V</sub> = 34,0%    |
| 19             | São José         | 450,0 – 166,0                           | 670,5 – 670,5                           | 25,0 – 24,2                         | 9,1 – 9,0                           | ---                      | 2,04 – 0,75                               | 118 – 102                                    | 8 – 2                                  | 51 – 41                                | 45 – 21                                  |
|                |                  | 308,0 ± 208,8<br>C <sub>V</sub> = 67,8% | 670,5 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%    | 24,6 ± 0,6<br>C <sub>V</sub> = 2,4% | 9,0 ± 0,1<br>C <sub>V</sub> = 1,1%  | ---                      | 1,40 ± 0,91<br>C <sub>V</sub> = 65,0%     | 110,0 ± 11,3<br>C <sub>V</sub> = 10,3%       | 5,0 ± 4,2<br>C <sub>V</sub> = 84,0%    | 46,0 ± 7,1<br>C <sub>V</sub> = 15,4%   | 31,4 ± 10,1<br>C <sub>V</sub> = 32,2%    |
| 20             | Serra da Guia    | 146,0 – 109,0                           | 164,0 – 164,0                           | 24,2 – 23,5                         | 9,2 – 9,0                           | ---                      | 1,16 – 0,72                               | 26 – 24                                      | 18 – 4                                 | 36 – 35                                | 88 – 30                                  |
|                |                  | 127,5 ± 26,2<br>C <sub>V</sub> = 20,5%  | 164,0 ± 0,0<br>C <sub>V</sub> = 0,0%    | 23,8 ± 0,5<br>C <sub>V</sub> = 2,1% | 9,1 ± 0,1<br>C <sub>V</sub> = 1,1%  | ---                      | 0,94 ± 0,31<br>C <sub>V</sub> = 33,0%     | 49,0 ± 2,8<br>C <sub>V</sub> = 5,7%          | 11,0 ± 9,9<br>C <sub>V</sub> = 90,0%   | 35,5 ± 0,7<br>C <sub>V</sub> = 2,0%    | 42,5 ± 21,2<br>C <sub>V</sub> = 49,9%    |

Obs: C<sub>V</sub> é o coeficiente de variação

Tabela 5.5: Resultados obtidos da concentração de potássio (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna                        | Data da coleta |       |       |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|                                 | 2005           |       | 2006  |      |      |      |      |      |
|                                 | Nov            | Dez   | Jan   | Fev  | Mar  | Abr  | Mai  | Jun  |
| Concentração de potássio (mg/L) |                |       |       |      |      |      |      |      |
| Areias                          | 17,8           | ----- | ----- | 12,8 | 13,9 | 11,6 | 6,2  | 4,8  |
| Ass. Cajueiro                   | 15,6           | ----- | ----- | 3,2  | 4,0  | 4,7  | 3,9  | 4,8  |
| Ass. Maria Bonita               | 3,6            | ----- | ----- | 8,2  | 2,3  | 3,2  | 3,6  | 6,4  |
| Ass. Maria Feitosa              | 2,5            | ----- | ----- | 6,0  | 2,4  | 3,0  | 2,5  | 2,0  |
| Ass. Mulungu                    | 3,2            | ----- | ----- | 2,4  | 3,5  | 4,3  | 3,2  | 3,7  |
| Ass. Pioneira                   | 4,6            | ----- | ----- | 3,6  | 4,0  | 3,4  | 2,4  | 2,3  |
| Ass. S. Francico                | 11,8           | ----- | ----- | 13,8 | 16,0 | 7,7  | 8,8  | 3,5  |
| Ass. S. José de Nazaré          | 39,6           | ----- | ----- | 51,4 | 9,4  | 7,7  | 7,8  | 6,7  |
| Maranduba                       | 13,0           | ----- | ----- | 10,4 | 8,0  | 8,3  | 7,1  | 7,2  |
| Pia do Boi                      | 9,9            | ----- | ----- | 8,7  | 10,3 | 11,3 | 10,6 | 10,6 |
| Queimadas                       | 12,5           | ----- | ----- | 13,8 | 8,6  | 10,2 | 8,1  | 8,1  |
| Rancho Velho                    | 18,6           | ----- | ----- | 16,1 | 18,2 | 8,1  | 7,2  | 6,9  |
| Tanque Novo                     | 2,4            | ----- | ----- | 16,0 | 25,1 | 3,3  | 3,2  | 1,8  |

Tabela 5.6: Resultados obtidos da concentração de sódio (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna                     | Data da coleta |       |       |      |      |     |     |     |
|------------------------------|----------------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|
|                              | 2005           |       | 2006  |      |      |     |     |     |
|                              | Nov            | Dez   | Jan   | Fev  | Mar  | Abr | Mai | Jun |
| Concentração de sódio (mg/L) |                |       |       |      |      |     |     |     |
| Areias                       | 6,0            | ----- | ----- | 4,3  | 4,1  | 6,6 | 4,4 | 2,6 |
| Ass. Cajueiro                | 7,6            | ----- | ----- | 4,4  | 4,3  | 7,6 | 3,7 | 4,5 |
| Ass. Maria Bonita            | 2,9            | ----- | ----- | 4,4  | 2,4  | 7,2 | 5,1 | 6,7 |
| Ass. Maria Feitosa           | 2,7            | ----- | ----- | 3,0  | 2,5  | 6,0 | 3,4 | 2,9 |
| Ass. Mulungu                 | 2,6            | ----- | ----- | 2,6  | 2,5  | 4,6 | 2,9 | 3,6 |
| Ass. Pioneira                | 3,4            | ----- | ----- | 2,7  | 2,7  | 5,1 | 2,6 | 4,0 |
| Ass. S. Francico             | 21,3           | ----- | ----- | 4,1  | 5,9  | 5,7 | 5,2 | 2,2 |
| Ass. S. José de Nazaré       | 6,8            | ----- | ----- | 8,8  | 4,0  | 6,2 | 3,2 | 4,4 |
| Maranduba                    | 4,7            | ----- | ----- | 3,2  | 2,9  | 5,3 | 3,4 | 4,3 |
| Pia do Boi                   | 3,4            | ----- | ----- | 3,5  | 3,3  | 6,9 | 4,5 | 4,3 |
| Queimadas                    | 8,8            | ----- | ----- | 9,5  | 5,9  | 8,9 | 6,4 | 6,0 |
| Rancho Velho                 | 3,8            | ----- | ----- | 4,2  | 3,9  | 7,4 | 5,0 | 5,5 |
| Tanque Novo                  | 2,7            | ----- | ----- | 43,3 | 56,4 | 6,3 | 3,9 | 4,0 |

Tabela 5.7: Resultados obtidos da concentração de ferro (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna                     | Data da coleta |       |       |        |        |
|------------------------------|----------------|-------|-------|--------|--------|
|                              | 2005           |       | 2006  |        |        |
|                              | Nov*           | Dez   | Jan   | Fev**  | Mar**  |
| Concentração de ferro (mg/L) |                |       |       |        |        |
| Areias                       | 0,2            | ----- | ----- | -----  | 0,0401 |
| Ass. Cajueiro                | -----          | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. Maria Bonita            | 0,2            | ----- | ----- | 0,2824 | 0,2496 |
| Ass. Maria Feitosa           | -----          | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. Mulungu                 | 0,3            | ----- | ----- | 0      |        |
| Ass. Pioneira                | 0,2            | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. S. Francico             | 0,1            | ----- | ----- | 0      | -----  |
| Ass. S. José de Nazaré       | 0,1            | ----- | ----- | 0      | 0,0066 |
| Maranduba                    | -----          | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Pia do Boi                   | < 0,1          | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Queimadas                    | 0,2            | ----- | ----- | 0,0793 | 0      |
| Rancho Velho                 | -----          | ----- | ----- | -----  | 0      |
| Tanque Novo                  | 0,3            | ----- | ----- | 0,4411 | 10,06  |

\* Determinado com o fotômetro de chamas

\*\* Determinado com o ICP

Tabela 5.8: Resultados obtidos da concentração de alumínio (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna                        | Data da coleta |       |       |        |        |
|---------------------------------|----------------|-------|-------|--------|--------|
|                                 | 2005           |       | 2006  |        |        |
|                                 | Nov            | Dez   | Jan   | Fev    | Mar    |
| Concentração de alumínio (mg/L) |                |       |       |        |        |
| Areias                          |                | ----- | ----- | -----  | 0,0927 |
| Ass. Cajueiro                   | -----          | ----- | ----- | 0      |        |
| Ass. Maria Bonita               |                | ----- | ----- | 0,2400 | 0,0100 |
| Ass. Maria Feitosa              | -----          | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. Mulungu                    |                | ----- | ----- | 0      | 0,0321 |
| Ass. Pioneira                   |                | ----- | ----- | 0      | 0,0687 |
| Ass. S. Francico                |                | ----- | ----- | 0      | 0,0813 |
| Ass. S. José de Nazaré          |                | ----- | ----- | 0,1390 | 0,1152 |
| Maranduba                       | -----          | ----- | ----- | 0,0360 | 0,0228 |
| Pia do Boi                      |                | ----- | ----- | 0,0705 | 0,0035 |
| Queimadas                       |                | ----- | ----- | 0,0555 | 0      |
| Rancho Velho                    | -----          | ----- | ----- | -----  | 0,0333 |
| Tanque Novo                     |                | ----- | ----- | 0,1077 | 2,615  |

Tabela 5.9: Resultados obtidos da concentração de zinco (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna               | Data da coleta               |       |       |       |     |
|------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-----|
|                        | 2005                         |       | 2006  |       |     |
|                        | Nov                          | Dez   | Jan   | Fev   | Mar |
|                        | Concentração de zinco (mg/L) |       |       |       |     |
| Areias                 |                              | ----- | ----- | ----- | 0   |
| Ass. Cajueiro          | -----                        | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Ass. Maria Bonita      |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Ass. Maria Feitosa     | -----                        | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Ass. Mulungu           |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Ass. Pioneira          |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Ass. S. Francico       |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Ass. S. José de Nazaré |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Maranduba              | -----                        | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Pia do Boi             |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Queimadas              |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |
| Rancho Velho           | -----                        | ----- | ----- |       | 0   |
| Tanque Novo            |                              | ----- | ----- | 0     | 0   |

Tabela 5.10: Resultados obtidos da concentração de cobre (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna               | Data da coleta               |       |       |        |        |
|------------------------|------------------------------|-------|-------|--------|--------|
|                        | 2005                         |       | 2006  |        |        |
|                        | Nov                          | Dez   | Jan   | Fev    | Mar    |
|                        | Concentração de cobre (mg/L) |       |       |        |        |
| Areias                 |                              | ----- | ----- |        | 0,0032 |
| Ass. Cajueiro          | -----                        | ----- | ----- | 0,0002 | 0      |
| Ass. Maria Bonita      |                              | ----- | ----- | 0,0044 | 0,0085 |
| Ass. Maria Feitosa     | -----                        | ----- | ----- | 0,0019 | 0      |
| Ass. Mulungu           |                              | ----- | ----- | 0      | 0,0321 |
| Ass. Pioneira          |                              | ----- | ----- | 0,0026 | 0,0012 |
| Ass. S. Francico       |                              | ----- | ----- | 0,0081 | 0      |
| Ass. S. José de Nazaré |                              | ----- | ----- | 0,0027 | 0,0066 |
| Maranduba              | -----                        | ----- | ----- | 0      | 0,0006 |
| Pia do Boi             |                              | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Queimadas              |                              | ----- | ----- | 0,0002 | 0,0032 |
| Rancho Velho           | -----                        | ----- | ----- |        | 0,0056 |
| Tanque Novo            |                              | ----- | ----- | 0      | 0      |

Tabela 5.11: Resultados obtidos da concentração de manganês (mg/L) de amostras coletadas nas cisternas de Poço Redondo, com indicação da data em que foi realizada a coleta.

| Cisterna               | Data da coleta                  |       |       |        |        |
|------------------------|---------------------------------|-------|-------|--------|--------|
|                        | 2005                            |       | 2006  |        |        |
|                        | Nov                             | Dez   | Jan   | Fev    | Mar    |
|                        | Concentração de manganês (mg/L) |       |       |        |        |
| Areias                 |                                 | ----- | ----- |        | 0,0038 |
| Ass. Cajueiro          | -----                           | ----- | ----- | 0,0036 | 0      |
| Ass. Maria Bonita      |                                 | ----- | ----- | 0,0045 | 0,0080 |
| Ass. Maria Feitosa     | -----                           | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. Mulungu           |                                 | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. Pioneira          |                                 | ----- | ----- | 0      | 0,0012 |
| Ass. S. Francico       |                                 | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Ass. S. José de Nazaré |                                 | ----- | ----- | 0,0004 | 0      |
| Maranduba              | -----                           | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Pia do Boi             |                                 | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Queimadas              |                                 | ----- | ----- | 0      | 0      |
| Rancho Velho           | -----                           | ----- | ----- | -----  | 0,0002 |
| Tanque Novo            |                                 | ----- | ----- | 0,0291 | 0,3097 |

Com base nos resultados da Tabela 5.4 e, excluindo-se a água coletada em março de 2006 em Tanque Novo, pode-se afirmar:

- (i) A condutividade elétrica mais elevada foi verificada na cisterna 8 (Assentamento São José de Nazaré), que atingiu o valor de 711  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os valores de STD de todas as cisternas, excetuando o da coleta em Tanque Novo em março de 2006, sempre foram inferiores a 1000 mg/L, atendendo, portanto, à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde.
- (ii) Percebe-se que algumas cisternas (7, 8, 9, 11, 12 e 14) apresentaram valores de pH superior a 9,5, chegando a 11,8 na cisterna 8, tornando a água inaceitável para consumo humano. Isso pode estar relacionado ao fato de que essas cisternas não terem mais de 3 anos que foram construídas e que, segundo Meera e Ahammed (2006), esse parâmetro diminui com a idade da cisterna. Também, possivelmente, os materiais utilizados na construção da cisterna, inclusive o impermeabilizante, podem ter contribuído para essa elevação do pH. A fim de verificar a influência, ou não, deste impermeabilizante, usado na construção de cisternas, no pH de água

armazenada, foram construídas duas caixas, conforme foi descrito na metodologia, sendo uma com esse produto químico (Figura 5.3) e a outra sem (Figura 5.4). A seguir, foram colocadas água de chuva e de torneira nessas duas caixas e determinado o pH, durante 5 dias. O pH deste produto comercial, utilizado na impermeabilização de cisternas, e o pH dessas águas foram determinados antes da sua colocação na confecção das caixas. Na Figura 5.5 e na Tabela 5.12 são apresentados os resultados dessa investigação.



Figura 5.3: Caixa construída com impermeabilizante, para a determinação de pH.



Figura 5.4: Caixa construída sem impermeabilizante, para a determinação de pH.

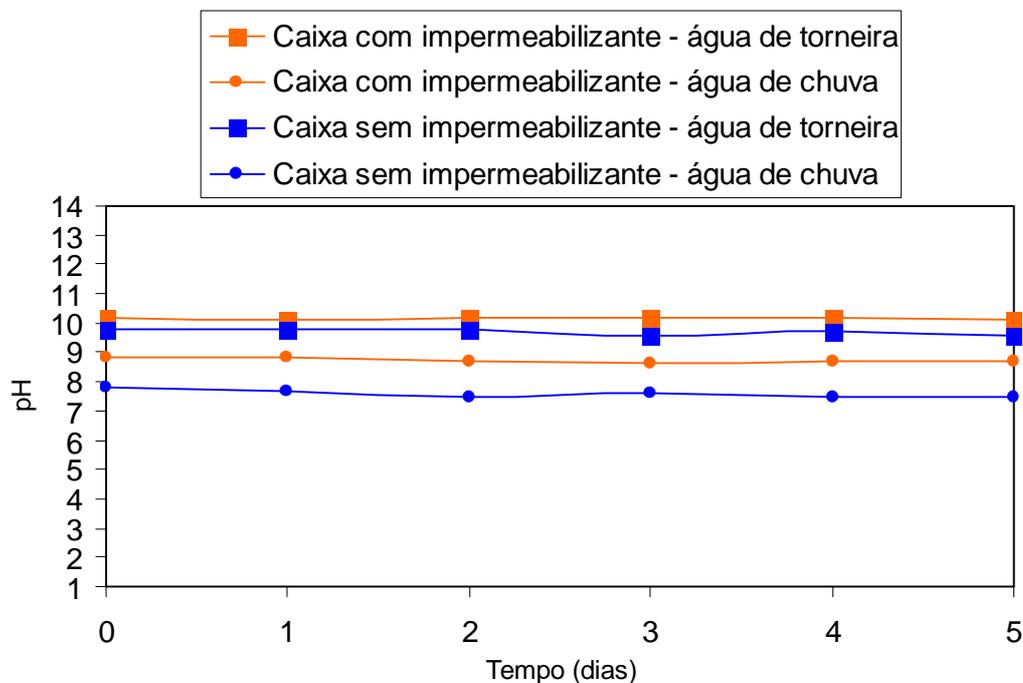


Figura 5.5: pH da água de torneira e da água de chuva, armazenadas nas caixas confeccionadas com e sem impermeabilizante.

Tabela 5.12: pH da torneira e da chuva antes e após a sua colocação na caixa construída com impermeabilizante e em outra caixa construída sem o impermeabilizante.

| Tempo (dias) | Caixa confeccionada com o produto comercial para impemeabilização |                      | Caixa confeccionada sem o produto comercial para impemeabilização |                      |
|--------------|---|----------------------|---|----------------------|
|              | pH com água da torneira   | pH com água da chuva | pH com água da torneira   | pH com água da chuva |
| 0            | 10,2  | 8,8                  | 9,8   | 7,8                  |
| 1            | 10,1  | 8,8                  | 9,8   | 7,7                  |
| 2            | 10,2  | 8,7                  | 9,8   | 7,5                  |
| 3            | 10,2  | 8,6                  | 9,6   | 7,6                  |
| 4            | 10,2  | 8,7                  | 9,7   | 7,5                  |
| 5            | 10,1  | 8,7                  | 9,6   | 7,5                  |

Obs:

- 1) pH do produto comercial para impermeabilização = 10,3
- 2) pH da água de chuva antes de colocar na caixa confeccionada com o impermeabilizante = 6,9
- 3) pH da água da torneira antes de colocar na caixa confeccionada com o impermeabilizante = 7,7
- 4) pH da água de chuva antes de colocar na caixa confeccionada sem o impermeabilizante = 6,9
- 5) pH da água da torneira antes de colocar na caixa confeccionada sem o impermeabilizante = 7,2

Como se pode observar, os valores de pH da caixa construída com o impermeabilizante alcançaram valores elevados de pH, sendo também mais elevados que os da caixa confeccionada sem a adição desse produto. Como o monitoramento do pH deste experimento foi realizado durante apenas 5 dias, para se chegar a resultados mais conclusivos é necessário um estudo por um período mais extenso.

Valores de pH alcalino foram verificados por Awadallah (2004), que coletou água de 30 cisternas domiciliares, escolares e públicas no distrito de Hebron (18 na área de Yatta e 12 na área de Arab Ramadeen). O pH da água das cisternas da área de Yatta variou entre 8,51-11,52, com valor médio de 9,11. O pH da área de Arab Ramadeen variou entre 8,31-10,16, com valor médio de 8,83. De acordo com a pesquisa, o pH era alcalino devido ao acúmulo de sedimentos alcalinos no fundo da cisterna e devem ser removidos pelo menos uma vez ao ano.

(iii) Com relação à turbidez, a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (MS) estabelece que são aceitáveis valores até 5,0 uT. Portanto, de acordo com os resultados, a água de todas as cisternas atendeu a esse valor máximo permitido. De acordo com os padrões para água potável, a cor aparente não

deve ser superior a 15,0 uH. Apenas a água coletada nas cisternas 2 (Assentamento Cajueiro) em maio de 2006 e na cisterna 7 (Assentamento São Francisco) coletada em maio de 2006 apresentaram valores maiores que o recomendado (22,6 uH para a cisterna 2 e 16,8 para a cisterna 7).

(iv) A alcalinidade determinada nas cisternas variou de 4 mg CaCO<sub>3</sub>/L (cisterna 4, Queimadas) a 162 mg CaCO<sub>3</sub>/L (cisterna 8, São José de Nazaré). Mota (2000) afirma que a alcalinidade excessiva pode proporcionar sabor desagradável à água sem, no entanto, informar a partir de que valores isso pode ocorrer.

(v) Os valores da concentração de cloreto e de dureza em todas as cisternas atenderam ao padrão de potabilidade.

(vi) As dispersões nos valores dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas, entre outras causas, podem estar associadas à diversidade de origem da água armazenada e às variações nos níveis da água armazenada nas cisternas.

De acordo com os dados obtidos e apresentados nas Tabelas 5.5 a 5.11, apenas a água coletada em março de 2006 na cisterna de Tanque Novo não atendeu aos padrões de potabilidade, no que concerne à concentração de alumínio (VMP = 0,2 mg/L) e de ferro (VMP = 0,3 mg/L) na água coletada em março de 2006, onde essas concentrações foram, respectivamente de 2,615 mg/L e 10,06. Além disso, a água coletada em fevereiro de 2006 apresentou uma concentração de ferro de 0,4411 mg/L, ultrapassando, portanto, o limite máximo permitido para água potável que é de 0,3 mg/L. A referida cisterna encontrava-se esvaziada em março de 2006 e os moradores estavam armazenando água, proveniente de um barreiro próximo da residência, em recipientes, sendo essa água coletada para análises de qualidade de água.

Conforme se observa na Tabela 51, não foi detectada a presença de coliformes termotolerantes em 9,10% das coletas no Ass. Cajueiro, Ass. Maria Feitosa, Ass. São Francisco e Pia do Boi; em 72,10% de São José de Nazaré (única dotada com uma peneira na tubulação de entrada) e em 18,20% em Rancho Velho. Nas demais cisternas, foi detectada a presença destes microorganismos em todas as coletas.

A presença de coliformes termotolerantes em águas armazenadas em cisternas, também foi detectada por algumas pesquisas, que indicaram a influência da má utilização da cisterna (AMORIM; PORTO, 2001; BRITO et al., 2005; HANDIA, 2005).

Tabela 5.13: Percentuais de amostras e respectivas concentrações de coliformes termotolerantes, de amostras coletadas em 20 cisternas em Poço Redondo.

| Nº da cisterna | Localidade                      | Concentração de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) |       |       |       |       |       |
|----------------|---------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
|                |                                 | 0 (ausente)   | 2,2   | 5,1   | 9,2   | 16    | > 16  |
|                |                                 | (% de amostras)   |       |       |       |       |       |
| 1              | Areias                          | 0   | 27,30 | 27,30 | 18,20 | 18,20 | 9,10  |
| 2              | Assentamento Cajueiro           | 9,10  | 0     | 0     | 54,50 | 27,30 | 18,20 |
| 3              | Assentamento Maria Bonita       | 0   | 9,10  | 0     | 18,20 | 54,50 | 18,20 |
| 4              | Assentamento Maria Feitosa      | 9,10  | 18,20 | 27,30 | 27,30 | 9,10  | 9,10  |
| 5              | Assentamento Mulungu            | 0   | 9,10  | 18,20 | 18,20 | 36,30 | 18,20 |
| 6              | Assentamento Pioneira           | 0   | 9,10  | 27,30 | 18,20 | 36,30 | 9,10  |
| 7              | Assentamento São Francisco      | 9,10  | 0     | 27,30 | 27,30 | 27,30 | 9,10  |
| 8              | Assentamento São José de Nazaré | 72,70   | 9,10  | 18,20 | 0     | 0     | 0     |
| 9              | Maranduba                       | 0   | 0     | 9,10  | 18,20 | 18,20 | 54,50 |
| 10             | Pia do Boi                      | 9,10  | 18,20 | 9,10  | 0     | 63,60 | 0     |
| 11             | Queimadas                       | 0   | 9,10  | 27,30 | 27,30 | 36,30 | 0     |
| 12             | Rancho Velho                    | 18,20   | 18,20 | 27,30 | 27,30 | 9,10  | 0     |
| 13             | Tanque Novo                     | 0   | 0     | 0     | 20,00 | 50,00 | 30,00 |
| 14             | Berro Grosso                    | 0   | 0     | 0     | 0     | 50    | 50    |
| 15             | Flor da Serra                   | 0   | 0     | 0     | 100   | 0     | 0     |
| 16             | Jacaré /Curituba                | 0   | 0     | 0     | 0     | 50    | 50    |
| 17             | Pé da Serra                     | 0   | 0     | 0     | 50    | 0     | 50    |
| 18             | Salgadinho                      | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     | 100   |
| 19             | São José                        | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     | 100   |
| 20             | Serra da Guia                   | 0   | 50    | 50    | 0     | 0     | 0     |

## 5.4 – CONCLUSÕES

As cisternas unifamiliares construídas no município de Poço Redondo, e avaliadas nesta pesquisa, são utilizadas para armazenar água de diferentes origens, além da água de chuva. Isso se deve ao fato de que o volume armazenado de água nestas unidades, para ser consumida no período seco, ser insuficiente para atender à demanda familiar.

Diversas formas de má conservação e utilização ficaram evidenciadas. Portanto, compete aos gestores públicos providenciarem uma capacitação intensa e sistemática nas comunidades, onde estão instaladas cisternas, sobre o gerenciamento e o tratamento da água (manejo, tratamento). Medidas, tais como não colocar recipientes sujos dentro da cisterna, evitar deixar a cisterna aberta, limpar canos e calhas na época das chuvas, não permitir que animais fiquem no telhado da casa, estimular a utilização da bomba bola de gude (Anexo D), ao invés do balde, na retirada de água da cisterna, entre outras medidas, devem ser abordadas nessa capacitação. Adicionalmente, deve-se distribuir hipoclorito frequentemente e ensinar como utilizá-lo de forma correta e estimular os moradores a ferver a água antes de ser consumida.

Em todas as cisternas foi detectada a presença de coliformes termotolerantes, sendo que a cisterna 7 (São José de Nazaré), foi a que apresentou a menor frequência, não sendo detectada em 8 (72,70%) das 11 coletas realizadas. Em amostras individuais desse tipo de água devem estar ausentes dessa presença. Recomenda-se, portanto, que algum tipo de desinfecção seja adotado, uma vez que a ocorrência de coliformes termotolerantes pode estar relacionada à presença de microrganismos patogênicos.

Com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos e, excluindo-se a água coletada em março de 2006 em Tanque Novo (cuja cisterna estava vazia, sendo coletada água proveniente de um barreiro em um dos recipientes, sendo consumida pelos moradores), pode-se afirmar:

(i) A condutividade elétrica mais elevada foi verificada na cisterna do Assentamento São José de Nazaré, que atingiu o valor de 711  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os

valores de STD de todas as cisternas, excetuando o da coleta em Tanque Novo em março de 2006, sempre foram inferiores a 1000 mg/L, que o valor máximo permitido para consumo, conforme a Portaria 518 do MS.

(ii) Percebe-se que as cisternas do Assentamento São Francisco, Assentamento São José de Nazaré, Maranduba, Rancho Velho e Berro Grosso, algumas vezes, apresentaram valores de pH superior a 9,5, chegando a 11,8 na cisterna de São José de Nazaré, tornando a água inaceitável para consumo humano. Isso pode estar relacionado ao fato de que essas cisternas não terem mais de 3 anos que foram construídas e que, segundo Meera e Ahammed (2006), esse parâmetro diminui com a idade da cisterna. Também, possivelmente, os materiais utilizados na construção da cisterna, inclusive o impermeabilizante vedacit, podem ter contribuído para essa elevação do pH.

(iii) Com relação à turbidez, esta deve ser sempre inferior a 1,0 uT, sendo que, para consumo, são aceitáveis valores até 5,0 uT. Portanto, a água de todas as cisternas atendeu a esse parâmetro, embora seja recomendável a manutenção de valores até 1,0 uT. De acordo com os padrões para água potável, a cor aparente não deve ser superior a 15,0 uH. Apenas a água coletada nas cisternas do Assentamento Cajueiro, em maio de 2006, e na cisterna do Assentamento São Francisco, coletada em maio de 2006, apresentaram valores maiores que o recomendado

(iv) A alcalinidade determinada nas cisternas variou de 4 mg CaCO<sub>3</sub>/L (cisterna de Queimadas) a 162 mg CaCO<sub>3</sub>/L (cisterna de São José de Nazaré).

(v) Os valores da concentração de cloreto e de dureza em todas as cisternas atenderam ao padrão de potabilidade.

Com relação à concentração de metais na água armazenada nas cisternas monitoradas, apenas a água coletada em março de 2006 na cisterna de Tanque Novo não atendeu aos padrões de potabilidade, no que concerne à concentração de alumínio (VMP = 0,2 mg/L) e de ferro (VMP = 0,3 mg/L) na água coletada em março de 2006, onde essas concentrações foram, respectivamente de 2,615 mg/L e 10,06. Além disso, a água coletada em fevereiro de 2006 apresentou uma concentração de ferro de 0,4411 mg/L, ultrapassando, portanto, o limite máximo permitido para água potável que é de 0,3 mg/L. Esta cisterna encontrava-se esvaziada em março de 2006 e os

moradores estavam armazenando água, proveniente de um barreiro próximo da residência, em recipientes, sendo essa água coletada para análises de qualidade de água.

## **5. 5 – RECOMENDAÇÕES**

Apenas a construção de cisternas para atenuar as dificuldades dos beneficiários com esse empreendimento não é o suficiente. Deve-se, também, provê-los de informação e treinamento sobre as questões que envolvem a preservação da qualidade de água da cisterna e sua integridade física.

Existem diversos meios de difusão de informações concernentes a esse assunto, tais como programas de rádio comunitários, distribuição de cartilhas baseadas em literatura de cordel ou em uma linguagem acessível, em escolas e nas comunidades, oficinas ministradas por especialistas, entre outras.

Recomenda-se que para cada capacitação promovida, seja por entidade de qualquer natureza, ao menos um membro da família que disponha de cisterna e de agentes comunitários de saúde estejam presentes nesse evento.

Deve-se prever em programas comunitários ou municipais, o monitoramento e o controle da qualidade de água, quando esta destinar-se ao consumo humano. Nesse processo é indispensável a participação dos usuários, bem como, da sua conscientização da importância da sua participação. Quando não ocorrerem os referidos monitoramento e controle da qualidade de água, a sociedade civil deve acionar o Ministério Público, através de uma ação civil pública, para o cumprimento da Portaria nº 518 de 25 março de 2004 do Ministério da Saúde, que rege a qualidade de água para consumo humano.

Existem no comércio diferentes tipos de água sanitária, que são utilizadas como desinfetante da água de consumo. Recomenda-se que só deve ser utilizado cloro ativo a 2,5% na dosagem de 2 gotas por litro de água e nunca utilizar água sanitária. Essa recomendação foi mencionada na oficina “Avanços nos estudos sobre cisternas: qualidade de água e cisterna tipo

alambrado”, realizada em 20 e 21 de abril de 2006, promovida pela Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC) e que contou com o apoio da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e da EMBRAPA Semi-Árido.

Brito et al. (2005) recomendam que o cloro deve ser aplicado da forma mais homogênea possível e, após sua aplicação, deve-se esperar, no mínimo, 30 minutos para consumir a água.

Uma alternativa viável para a aplicação do cloro consiste na utilização do clorador da EMBRAPA (ver Anexo E). Antes, porém, da aplicação do cloro com esse equipamento, deve-se efetuar uma filtração. Esta pode ser realizada, com o emprego de um filtro de areia, como apresentado por Pinto e Hermes (2006) (ver anexo F).

Sugere-se que as instituições de pesquisa e especialistas do meio a investirem em pesquisas que proporcionem confeccionar bombas bola de gude, que apresentem um maior vazão. Isso seria uma tentativa de contribuir para inibir que os usuários retirem água da cisterna com baldes (fato verificado em todas as 20 cisternas monitoradas em Poço Redondo), comprometendo a sua qualidade.

Sugere-se que sejam aprofundados os conhecimentos sobre os fatores que afetam e controlam o pH da água armazenada nas cisternas. Como foi visto na revisão na literatura realizada por Meera e Ahammed (2006), em geral, a qualidade físico-química da água nelas estocadas, atende aos padrões para fins de consumo humano, com notável exceção sendo o pH. Esse fato também foi verificado em várias ocasiões na água coletada nas cisternas monitoradas em Poço Redondo.

## **5.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: 3<sup>o</sup>

SIMPÓSIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 2001, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABCMAC, 2001. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.

ANDRADE NETO, C.O. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2003, Juazeiro. Anais... Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: XI SILUBESA Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.

APHA; AWWA; WEF. Standards methods for the examination of waterwaste. 20 ed. Washington. American Public Health Association, American Water Works Associations, Water Environmental Federation. 1998.

AWADALLAH, W. Water quality of 30 rainwater harvesting cisterns in the Hebron district. Palestinian Hydrology Group. Technical Paper. 2004. p. 1-12. Disponível em: <[http://www.Phg.org/study/gvctechpaper/report%20about%20cisterns%20cisterns%20water%20quality\\_vers\\_04\\_laura3.pdf](http://www.Phg.org/study/gvctechpaper/report%20about%20cisterns%20cisterns%20water%20quality_vers_04_laura3.pdf)>. Acesso em 02 nov. 2006.

BERNAT, C. A cisterna de placas: técnicas de construção. 2ª ed. Recife: FUNDAJ, 1993. 74 p.

BRITO, L.T.L.; ANJOS, J.B.; PORTO, E.R.; SILVA, A.S.; SOUZA, M.A.; XENOFONTE, G.H.S. Qualidade físico-química e bacteriológica das águas de cisternas no município de Ouricuri-PE. In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 2005, Teresina. Anais... Teresina: ABCMAC, 2005. 1 CD-ROM.

EMBRAPA. Tecnologia desenvolvidas e produtos. Disponível em: <[http://watts.cnpdia.embrapa.br/menuleft\\_desenv\\_produtos\\_clorador.html](http://watts.cnpdia.embrapa.br/menuleft_desenv_produtos_clorador.html)>.

Acesso em 01 dez 2006.

GNADLINGER, J. Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro. In: 1º SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina-PE. Anais... EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 81-93.

HANDIA, L. Comparative study of rainwater quality in urban Zambia. Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua, v. 54, nº 1, p. 55-64. 2005.

IBGE. Sinopse preliminar do Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro. 2001. v.7.

LANKA RAINWATER HARVESTING FORUM. Domestic roof water harvesting and water security in the humid tropics. Milestone report D5. 2001. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh/eudoes/c1.pdf>>. Acesso em 24 set. 2006.

MEERA, V.; AHAMMED, M.M. Water quality of rooftop rainwater harvesting systems: a review. Journal of Water Supply: Research and Technology. Technology – Aqua, v. 55, nº 1, p. 257-268. 2006.

MOTA, S. Introdução à engenharia ambiental. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES. 2000. 416 p.

PINTO, N.O.; HERMES, L.C. Sistema simplificado para melhoria da qualidade a água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil. Jaguaraiúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 47 p.

YAZIZ, M.I.; GUNTING, H.; SAPIARI, N.; GHAZALI, A. Variations in rainwater quality from roof catchments. Water Research. v. 23, nº 6, p. 761-765. 1989.

## CAPÍTULO 6

### MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE BARREIROS EM POÇO REDONDO-SE

**RESUMO:** O município de Poço Redondo localiza-se no estado de Sergipe, Brasil. Ele enfrenta sérios problema relacionados ao abastecimento de água, principalmente na zona rural. Existem diversos barreiros sendo utilizados para múltiplos fins, inclusive o consumo humano. Foi realizado o monitoramento da qualidade de água de 8 barreiros. Em nenhuma oportunidade, os parâmetros de qualidade de água, turbidez, cor aparente e coliformes termotolerantes atenderam aos padrões de potabilidade.

**Palavras-chave:** abastecimento de água, qualidade de água, barreiros

**ABSTRACT:** The Poço Redondo municipality is located in the semi-arid zone of the state of Sergipe, Brazil. It faces serious problems related with the water supply, mainly, in the rural zone. There are several water traps being used for multiple purposes, including human consumption. Water quality monitoring has been accomplished in 8 of them. In any occasion the water quality parameters turbidity, apparent colour, and thermotolerant coliforms never complied with the potable water standards.

**Keywords:** water supply, water quality, water traps

#### 6.1 – INTRODUÇÃO

Os barreiros têm sido usados para armazenar água de chuva, proveniente do escoamento superficial há muitos séculos, em diversas partes do mundo. Porém geralmente são rasos, cobrindo uma grande área de terra e apresentam elevadas perdas por evaporação (BRITO et al., 1999).

Essa forma de aproveitamento de água consiste no acúmulo de águas de superfície, que recolhe a água da chuva ou represa a água de um rio, proporcionado pela construção de um barramento e/ou pela simples escavação do terreno. Sua capacidade de acumulação varia de poucas centenas, até

algumas dezenas de milhares de metros cúbicos. Trata-se de um aproveitamento de pequeno porte, construído com técnicas simples, custo relativamente baixo e, sobretudo, extremamente variável, conforme o tamanho do barreiro, podendo ser adaptado à disponibilidade de investimento. Por essas razões, o barreiro encontra-se difundido por toda a região semi-árida do Nordeste (OLIVEIRA; LEITE, 1984). No entanto, como observam Araújo et al. (2003), estas estruturas apresentam baixíssima eficiência hidrológica, perdas por evaporação elevadas e qualidade de água incompatível com as mínimas exigências de potabilidade.

O município de Poço Redondo-SE está inserido no “Polígono das Secas”, com um clima do tipo megatérmico semi-árido. Apresenta uma temperatura média anual de 25 °C e uma precipitação pluviométrica média anual de cerca de 605 mm. Geograficamente, a sede municipal apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 09°48’17” de latitude sul e 37°41’06” de longitude oeste (BOMFIM et al., 2002). Apesar de ser banhado pelo rio São Francisco, a sua população, sobretudo a da zona rural, enfrenta problemas relacionados ao abastecimento de água. Um das formas de aproveitamentos hídricos existentes, cuja água é consumida por alguns, são os barreiros. O presente trabalho apresenta os resultados do monitoramento da qualidade de água de 8 barreiros, localizados na zona rural deste município.

## **6.2 – METODOLOGIA**

Como havia centenas de barreiros, alguns públicos e outros particulares, no município de Poço Redondo, foram selecionados aleatoriamente apenas 8. O critério adotado foi a escolha de barreiros que estivessem, entre os usos de suas águas, o consumo humano. A partir daí foram considerados aspectos relacionados à distância e à acessibilidade.

Adotou-se o seguinte procedimento de coleta, para os ensaios físico-químicos (alcalinidade, cloreto e dureza) realizados no laboratório:

- (i) Foram utilizados recipientes de 1000 mL nas coletas para os ensaios destinados à determinação de parâmetros físico-químicos da água dos barreiros monitorados.
- (ii) No laboratório era efetuada uma limpeza nestes recipientes, com detergente neutro e água de destilada.
- (iii) Foi utilizado um recipiente de transposição (balde, previamente limpo, atado a uma corda). A coleta com o balde foi sempre efetuada em um ponto aleatório, afastado das margens dos barreiros. A água coletada no recipiente de transposição era transferida para o referido recipiente de 1000 mL.

Foram adotados os seguintes procedimentos de coleta para os ensaios bacteriológicos:

- (i) O recipiente de transposição era lavado 3 vezes com a própria água do barreiro. Depois, coletava-se a água com esse recipiente, transferindo-a, em seguida, para um recipiente autoclavado de boca larga, com capacidade de 250 mL, não tóxico e estéril.
- (ii) O recipiente autoclavado era destampado no momento da coleta, removendo a tampa e o material protetor (papel alumínio) conjuntamente, tendo o cuidado de não deixar que a tampa não tivesse contato em qualquer superfície, além de não tocar no bocal.

Os recipientes destinados aos ensaios físico-químicos e bacteriológicos eram identificados e colocados em uma caixa de isopor com gelo, com a função de preservar a qualidade da água neles armazenadas, durante o trajeto até o laboratório.

Na Tabela 6.1 são mostrados a localização dos barreiros e o período de monitoramento da qualidade de água destas. O local de sua determinação e o método empregado constam na Tabela 6.2. Todas as análises foram determinadas conforme o APHA et. al (1998).

Tabela 6.1: Localidade e período de monitoramento da qualidade da água de 8 barreiros, localizados em Poço Redondo-SE, com frequência mensal de amostragem.

| Número do barreiro | Localidade    | Período de monitoramento  |
|--------------------|---------------|---|
| 1                  | Pia do Boi    | 11 meses  |
| 2                  | Rancho Velho  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Julho a novembro de 2005 (mensalmente)</li> <li>• Janeiro a junho de 2006 (mensalmente)</li> </ul> |
| 3                  | São Sebastião |   |
| 4                  | Titóia        |   |
| 5                  | Junca         | 2 meses   |
| 6                  | Maravilha     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Julho e agosto de 2005 (mensalmente)</li> </ul>  |
| 7                  | Poço Preto    |   |
| 8                  | Salitrado     |   |
|                    |               |   |

Tabela 6.2: Parâmetros de qualidade determinados na água coletada nos 8 barreiros, com o local de sua determinação e método utilizado.

| Parâmetro                             | Local de determinação          | Método          |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Alcalinidade                          | Laboratório do Instituto Xingó | Potenciométrico |
| Cloretos                              | Laboratório do Instituto Xingó | Titulométrico   |
| Coliformes (totais e termotolerantes) | Laboratório do Instituto Xingó | Tubos múltiplos |
| Condutividade elétrica                | Campo                          | Conduvímetero   |
| Cor aparente                          | Campo                          | Colorímetro     |
| Dureza (total e cálcica)              | Laboratório do Instituto Xingó | Titulométrico   |
| pH                                    | Campo                          | Potenciométrico |
| Sólidos totais dissolvidos (STD)      | Campo                          | Conduvímetero   |
| Temperatura                           | Campo                          | Leitura direta  |
| Turbidez                              | Laboratório do Instituto Xingó | Nefelométrico   |

### 6.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 8 barreiros monitorados (Anexo G) foram construídos pela CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco).

Estas unidades consistiam de uma área de armazenamento e de um barramento de terra, destinado a conter o escoamento das águas armazenadas. Além disso, estas estruturas não dispunham de estruturas hidráulicas (comportas, vertedouros, etc).

Informações quanto à população beneficiada e valor gasto na implantação de cada um dos barreiros são apresentadas na Tabela 6.3. Não havia informações com relação à capacidade de armazenamento dessas estruturas.

Tabela 6.3: Informações quanto à localidade, custo de implantação e população beneficiada com os 8 barreiros monitorados.

| Localidade    | Custo de implantação (R\$) | População beneficiada |
|---------------|----------------------------|-----------------------|
| Pia do Boi    | 5.250,00                   | 300                   |
| Rancho Velho  | 5.250,00                   | 400                   |
| São Sebastião | 5.250,00                   | 220                   |
| Titóia        | 3.500,00                   | 250                   |
| Junca         | 3.500,00                   | 200                   |
| Maravilha     | 4.250,00                   | 250                   |
| Poço Preto    | 5.760,00                   | 51                    |
| Salitrado     | 3.200,00                   | 63                    |

Fonte: 4ª Superintendência Regional da CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco), através de consulta pessoal

Segundo algumas informações obtidas na prefeitura e de moradores da região, onde se localizavam estes barreiros, eles nem sempre armazenavam somente águas pluviais. Algumas vezes quando se encontrava praticamente seco, caminhões-pipa traziam água proveniente do rio São Francisco, ou até mesmo de outros barreiros, para abastecê-los. Esses barreiros vêm sendo utilizados de múltiplas formas: lavagem de utensílios domésticos, dessedentação animal, prática de banho e consumo humano.

Na Tabela 6.4 consta os resultados de parâmetros físico-químicos determinados na água armazenada nesses barreiros. Esses resultados são representados graficamente, como o mostra o Anexo H.

Tabela 6.4: Valores máximo, mínimo, média, desvio padrão e coeficiente de variação dos parâmetros físico-químicos da água coletada de 8 barreiros no município de Poço Redondo-SE.

| Local         | Parâmetro                      |                        |                       |                        |                        |                        |  |                                 |  |  |
|---------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|---------------------------------|--|--|
|               | Condutividade elétrica (µS/cm) | STD (mg/L)             | Temperatura (°C)      | pH                     | Cor (uH)               | Turbidez (uT)          | Alcalinidade total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | Cloreto (mg Cl <sup>-</sup> /L) | Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L) | Dureza cálcica (mg CaCO <sub>3</sub> /L) |
| Pia do Boi    | 1971,0 – 404,0                 | 2892,0 – 598,0         | 30,5 – 22,6           | 8,8 – 7,8              | 1555,0 – 584,0         | 262,0 – 31,8           | 128,0 – 15,0                                 | 492,0 – 10,0                    | 365,0 – 84,0                           | 264,0 – 44,0                             |
|               | 995,4 ± 617,2                  | 1618,5 ± 939,7         | 27,3 ± 2,3            | 8,2 ± 0,3              | 1684,7 ± 847,3         | 106,8 ± 82,1           | 63,8 ± 42,6                                  | 182,2 ± 181,1                   | 201,4 ± 107,2                          | 135,0 ± 80,7                             |
|               | C <sub>V</sub> = 62,0%         | C <sub>V</sub> = 58,1% | C <sub>V</sub> = 8,5% | C <sub>V</sub> = 12,9% | C <sub>V</sub> = 50,3% | C <sub>V</sub> = 76,8% | C <sub>V</sub> = 66,8%                       | C <sub>V</sub> = 99,4%          | C <sub>V</sub> = 53,2%                 | C <sub>V</sub> = 59,8%                   |
| São Sebastião | 843,0 – 259,0                  | 1223,0 – 582,0         | 29,8 – 23,5           | 9,6 – 8,1              | 1300,0 – 538,0         | 95,5 – 12,1            | 96,0 – 17,0                                  | 106,0 – 20,0                    | 179,0 – 31,0                           | 102,0 – 16,0                             |
|               | 538,9 ± 215,7                  | 923,6 ± 264,0          | 27,0 ± 2,1            | 8,8 ± 0,4              | 953,4 ± 362,3          | 36,1 ± 30,8            | 51,9 ± 33,3                                  | 50,1 ± 31,4                     | 111,7 ± 41,3                           | 60,9 ± 34,4                              |
|               | C <sub>V</sub> = 40,0%         | C <sub>V</sub> = 28,6% | C <sub>V</sub> = 8,0% | C <sub>V</sub> = 4,8%  | C <sub>V</sub> = 38,0% | C <sub>V</sub> = 85,1% | C <sub>V</sub> = 64,2%                       | C <sub>V</sub> = 62,7%          | C <sub>V</sub> = 37,0%                 | C <sub>V</sub> = 56,5%                   |
| Rancho Velho  | 252,0 – 87,0                   | 370,0 – 128,2          | 29,2 – 24,5           | 8,7 – 7,9              | 3880,0 – 2750,0        | 371 – 97,5             | 48,0 – 5,0                                   | 16,0 – 10,0                     | 91,0 – 35,0                            | 57,0 – 14,0                              |
|               | 163,9 ± 53,8                   | 252,1 ± 78,3           | 27,4 ± 1,4            | 8,2 ± 0,2              | 3440,0 ± 547,5         | 227,2 ± 120,8          | 25,8 ± 17,8                                  | 13,3 ± 2,2                      | 63,4 ± 19,2                            | 36,1 ± 12,5                              |
|               | C <sub>V</sub> = 32,8%         | C <sub>V</sub> = 31,1% | C <sub>V</sub> = 5,1% | C <sub>V</sub> = 2,7%  | 15,9%                  | C <sub>V</sub> = 53,2% | C <sub>V</sub> = 69,1%                       | C <sub>V</sub> = 16,6%          | C <sub>V</sub> = 30,4%                 | C <sub>V</sub> = 34,6%                   |
| Titóia        | 663,0 – 346,0                  | 916,0 – 627,0          | 25,8 – 23,4           | 7,9 – 7,7              | ---                    | 22,3 – 11,8            | 177,0 – 150,0                                | 34,0 – 14,0                     | 124,0 – 65,0                           | 78,0 – 22,0                              |
|               | 475,7 ± 166,2                  | 771,5 ± 204,5          | 24,2 ± 1,4            | 7,8 ± 0,1              | ---                    | 16,8 ± 5,2             | 163,7 ± 13,5                                 | 26,0 ± 10,6                     | 92,3 ± 29,7                            | 47,7 ± 28,3                              |
|               | C <sub>V</sub> = 34,9%         | C <sub>V</sub> = 26,5% | C <sub>V</sub> = 5,6% | 1,5%                   | ---                    | C <sub>V</sub> = 31,1% | C <sub>V</sub> = 8,2%                        | C <sub>V</sub> = 40,7%          | C <sub>V</sub> = 32,2%                 | C <sub>V</sub> = 59,3%                   |
| Poço Preto    | 498,0 – 483,0                  | 720,0 – 720,0          | 25,4 – 24,7           | 7,7 – 7,6              | ---                    | 26,8 – 16,6            | 133,0 – 122,0                                | 68,0 – 62,0                     | 100,0 – 82,0                           | 44,0 – 41,0                              |
|               | 490,5 ± 10,6                   | 720,0 ± 0,0            | 24,9 ± 0,3            | 7,6 ± 0,1              | ---                    | 21,7 ± 7,3             | 127,5 ± 7,8                                  | 65,0 ± 4,2                      | 91,0 ± 12,7                            | 42,5 ± 2,1                               |
|               | C <sub>V</sub> = 2,2%          | C <sub>V</sub> = 0,0%  | C <sub>V</sub> = 1,4% | C <sub>V</sub> = 0,9%  | ---                    | C <sub>V</sub> = 33,4% | C <sub>V</sub> = 6,1%                        | C <sub>V</sub> = 6,5%           | C <sub>V</sub> = 14,0%                 | C <sub>V</sub> = 5,0%                    |
| Salitrado     | 648,0 – 610,0                  | 908,9 – 908,9          | 25,1 – 24,8           | 8,0 – 7,8              | ---                    | 68,0 – 64,5            | 131,0 – 122,0                                | 196,0 – 128,0                   | 162,0 – 159,0                          | 97,0 – 83,0                              |
|               | 629,0 ± 26,9                   | 908,9 ± 0,0            | 24,9 ± 0,2            | 7,9 ± 0,1              | ---                    | 66,2 ± 2,5             | 126,5 ± 6,4                                  | 162,0 ± 48,1                    | 160,5 ± 2,1                            | 90,0 ± 9,9                               |
|               | C <sub>V</sub> = 4,3%          | C <sub>V</sub> = 0,0%  | C <sub>V</sub> = 0,8% | C <sub>V</sub> = 1,8%  | ---                    | C <sub>V</sub> = 3,7%  | C <sub>V</sub> = 5,0%                        | C <sub>V</sub> = 29,7%          | C <sub>V</sub> = 1,3%                  | C <sub>V</sub> = 11,0%                   |
| Junca         | 138,0 – 100,0                  | 133,0 – 133,0          | 28,7 – 25,4           | 8,3 – 7,8              | ---                    | 28,9 – 14,9            | 40,0 – 31,0                                  | 12,0 – 5,0                      | 33,0 – 22,0                            | 8,0 – 6,0                                |
|               | 119,0 ± 26,9                   | 133,0 ± 0,0            | 27,1 ± 2,3            | 8,1 ± 0,3              | ---                    | 21,9 ± 9,9             | 35,5 ± 6,4                                   | 8,5 ± 4,9                       | 27,5 ± 7,8                             | 7,0 ± 1,4                                |
|               | C <sub>V</sub> = 22,6%         | C <sub>V</sub> = 0,0%  | C <sub>V</sub> = 8,6% | C <sub>V</sub> = 4,4%  | ---                    | C <sub>V</sub> = 45,2% | C <sub>V</sub> = 17,9%                       | C <sub>V</sub> = 58,2%          | C <sub>V</sub> = 28,3%                 | C <sub>V</sub> = 20,2%                   |
| Maravilha     | 285,0 – 233,0                  | 428,0 – 428,0          | 22,6 – 21,5           | 8,3 – 8,1              | ---                    | 69,7 – 60,5            | 64,0 – 53,0                                  | 20,0 – 12,0                     | 61,0 – 41,0                            | 20,0 – 16,0                              |
|               | 259,0 ± 36,8                   | 428,0 ± 0,0            | 22,0 ± 0,8            | 8,2 ± 0,1              | ---                    | 65,1 ± 6,5             | 58,5 ± 7,8                                   | 16,0 ± 5,7                      | 51,0 ± 14,1                            | 18,0 ± 2,8                               |
|               | C <sub>V</sub> = 14,2%         | C <sub>V</sub> = 0,0%  | C <sub>V</sub> = 3,5% | 1,7%                   | ---                    | C <sub>V</sub> = 10,0% | C <sub>V</sub> = 13,3%                       | C <sub>V</sub> = 35,4%          | C <sub>V</sub> = 27,7%                 | C <sub>V</sub> = 15,7%                   |

Obs: C<sub>V</sub> é o coeficiente de variação

Com exceção de algumas amostras coletadas nos barreiros Pia do Boi (5 últimas coletas) e São Sebastião (4 últimas coleta), os teores de STD, dos demais barreiros foram inferiores a 1000 mg/L.

Apenas em uma coleta, realizada em São Sebastião, verificou-se um pH em desacordo com os padrões de água para consumo (6,0 – 9,5). Naquela ocasião o pH foi de 9,6. Não se identificou a possível causa para isto.

A turbidez e a cor aparente sempre apresentaram valores acima do permitido para consumo humano. O parâmetro cor aparente só foi determinado nos barreiros de Pia do Boi, São Sebastião e Rancho Velho, apresentando valores acima de 500 uH, sendo necessária a diluição da água analisada, pois a faixa de leitura do equipamento portátil para a determinação desse parâmetro, era de 0 – 500 uH. Embora a cor e a turbidez comprometam diretamente as características organolépticas da água, a água vem sendo consumida pelos moradores, principalmente durante a ausência de alternativas de abastecimento. Além disso, em águas de elevada turbidez, as partículas que a causam servem de abrigo a microorganismos, sendo alguns deles patógenos.

O único barreiro que apresentou um teor de cloretos acima de 250 mg Cl<sup>-</sup>/L, foi o de Pia do Boi (4 últimas coletas).

A dureza total de todas as amostras coletas sempre esteve compatível com os padrões de potabilidade (dureza < 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L).

Na Tabela 6.5 são vistos os resultados de análises bacteriológicas, realizadas na água coletada dos barreiros. Como pode ser visto na Tabela 6.5, em todas as amostras coletadas nos barreiros, foi detectada a presença de coliformes termotolerantes. Por terem a água utilizada de diversas forma e por ficarem expostas a céu aberto, eles estão bastante susceptíveis à contaminação. Em diversas ocasiões, a água coletada nos barreiros apresentou um valor de NMP/100 mL > 16 (Valor máximo correspondente a 5 tubos com reação positiva, a partir de 5 tubos de 10 mL). Como a tabela para a

determinação do NMP/100 mL apresenta como maior valor >16, não é possível afirmar a intensidade da contaminação.

Tabela 6.5: Percentuais de amostras e respectivas concentrações de coliformes termotolerantes, de amostras coletadas em 8 barreiros em Poço Redondo-SE.

| Localidade    | Concentração de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) |     |       |       |       |       |
|---------------|---|-----|-------|-------|-------|-------|
|               | 0 (ausente)   | 2,2 | 5,1   | 9,2   | 16    | > 16  |
|               | (% de amostras)   |     |       |       |       |       |
| Pia do Boi    | 0   | 0   | 18,18 | 9,09  | 18,18 | 54,55 |
| São Sebastião | 0   | 0   | 9,09  | 9,09  | 18,18 | 63,64 |
| Rancho Velho  | 0   | 0   | 0     | 18,18 | 18,18 | 63,64 |
| Titóia        | 0   | 0   | 0     | 0     | 33,33 | 66,67 |
| Poço Preto    | 0   | 0   | 0     | 0     | 0     | 100   |
| Salitrado     | 0   | 0   | 0     | 50    | 50    | 0     |
| Junça         | 0   | 0   | 0     | 0     | 0     | 100   |
| Maravilha     | 0   | 0   | 0     | 0     | 50    | 50    |

#### 6.4 – CONCLUSÕES

A deficiência apresentada no suprimento de água na zona rural de Poço Redondo, aliada à irregularidade e escassez das precipitações, tem impulsionado a construção de barreiros públicos e particulares. Apesar dessas estruturas não atenderem aos padrões de potabilidade, algumas pessoas consomem a água neles armazenada.

De acordo com os resultados da água analisadas em 8 barreiros, localizados na zona rural de Poço Redondo-SE, estes não são recomendados para consumo humano. Parâmetros como cor aparente, turbidez sempre estiveram muito acima do valor máximo permitido pelos padrões de água para consumo. Além disso, coliformes termotolerantes sempre estiveram presentes.

Por ficarem livremente expostos, não tendo nenhuma proteção e por serem utilizados de múltiplas formas concomitantemente, eles são extremamente passíveis de contaminação.

## **6.5 – RECOMENDAÇÕES**

Os barreiros que foram monitorados não devem ser usados para consumo humano. No entanto, podem ser recomendados para usos menos exigentes como, por exemplo, lavagem de ambientes domésticos. Sugere-se que se procedam estudos de viabilidade de projetos, por profissionais competentes, envolvendo a utilização dos barreiros na irrigação de salvação.

Devem ser realizados programas de educação ambiental, no sentido de orientar os consumidores da água dos barreiros, a não consumi-la, além dos gestores municipais a ofertarem outras fontes a esses usuários.

## **6.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

APHA; AWWA; WEF. Standards methods for the examination of waterwaste. 20 ed. Washington. American Public Health Association, American Water Works Associations, Water Environmental Federation. 1998.

ARAÚJO, J.C.; MOLINAS, P.A.; JOCA, E.L.L.; BARBOSA, C.P.; BEMFEITO, C.J.S.; BELO, P.S.C. Avaliação de custos de disponibilidade da água na região semi-árida. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: ABRH, 2003. 1 CD-ROM.

BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G.; BENVENUTTI, S.M.P. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Diagnóstico do município de Poço Redondo. Aracaju: CPRM, 2002. 12 p. 1 CD-ROM.

BRITO, L.P.; TINÔCO, J.D.; COSTA, J.T. Reúso Planejado de esgoto no semi-árido nordestino: Serra Negra do Norte – RN, um estudo de caso. In: XI SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2004, Natal. Anais... Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, A.M.S.; LEITE, C.A.G. Tecnologias simples para aproveitamentos de pequeno porte dos recursos hídricos do semi-árido nordestino. São Paulo: Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT, 1984. 83 p.

## CAPÍTULO 7

### DETERMINAÇÃO DO PERFIL DAS CONDIÇÕES SANITÁRIAS DE POÇO REDONDO-SE

**RESUMO:** O município de Poço Redondo localiza-se na região semi-árida do estado de Sergipe, Brasil. Foi realizada uma pesquisa no campo neste município, a fim de obter-se informações a respeito dos serviços públicos, de acordo com a opinião dos moradores. Foram aplicados 307 questionários semi-estruturados em entrevistas realizadas nas casas dos moradores. A metodologia adotada foi a por amostragem aleatória estratificada proporcional. Conforme os resultados obtidos, no município prevalecem condições precárias na educação, renda familiar e nas condições sanitárias. A maior proporção dos entrevistados, em ambas as áreas da pesquisa, escolheu o esgotamento sanitário como o pior serviço. Por outro lado, na zona rural, a maior proporção (38,87%), escolheu os serviços de saúde como o melhor, enquanto que na zona urbana, a maior proporção (32,06%), escolheu o serviço de limpeza pública.

**Palavras-chave:** serviços públicos, questionários, condições sanitárias precárias

**ABSTRACT:** Poço Redondo municipality is located in the semi-arid zone of the state of Sergipe, Brazil. A field study was conducted in this municipality in order to obtain information on public services, according to the opinion of the dwellers. The semi-structured 307 questionnaires survey by house interview were applied. The approach adopted was the proportional random sampling: rural zone and zone urban. According to the results obtained, poor education, income, and sanitary conditions prevail on this municipality. In the opinion of majority of the interviewed inhabitants, in the rural zone, a highest proportion (38,87%) declared that the most efficient public service was the public health, while in the urban zone the highest proportion (32,06%) answered that the best public service was the solid waste collection. On the other hand, the highest proportion of inhabitants living in both zones of Poço Redondo answered that the poorest public service was the sewerage.

**Keywords:** public services, questionnaires, poor sanitary conditions

## 7.1 – INTRODUÇÃO

A idéia de qualidade de vida representa um conceito ainda indefinido, pois abrange uma série extremamente heterogênea e diversificada de aspirações, necessidades e desejos, inerentes a cada indivíduo ou coletividade, inseridos no seu contexto histórico, social e cultural. Em suma, a qualidade de vida deve representar, em geral, a plena satisfação das necessidades básicas humanas, concebida dentro de um processo ecológico e eticamente corretos (SANTOS; DALTRO FILHO, 2000).

Segundo o IBGE (2001), as características dos domicílios e dos serviços de infra-estrutura sanitária constituem elementos básicos para a avaliação da qualidade de vida de uma população.

O presente trabalho mostra os resultados obtidos, através da aplicação de questionários a pessoas residentes em Poço Redondo-SE. O objetivo foi determinar o perfil sanitário e conhecer a opinião dos moradores sobre o saneamento ambiental, nos setores de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza pública e serviços de saúde. O período de execução da pesquisa foi de junho de 2005 a junho de 2006.

## 7.2 – METODOLOGIA

Para coleta dos dados, formulou-se um questionário semi-estruturado, dirigido aos moradores de Poço Redondo-SE, afim de obter informações, que permitissem obter o perfil do saneamento ambiental. Dados sobre as características sócio-econômicas também estão incluídas neste questionário.

Antes de iniciar a corrente pesquisa, foi necessária a aprovação pelo comitê de Ética do CCS/UFPE (Centro de Ciências Sociais da Universidade Federal de Pernambuco), além de uma carta de Anuência da prefeitura do município de Poço Redondo e cada vez que o questionário era aplicado ao

entrevistado era apresentado o termo de consentimento (na primeira página do questionário), onde a pessoa entrevistada lia e assinava, dando permissão para a entrevista.

Tal procedimento foi necessário, tendo em vista que, a Resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde, preconiza que todas as pesquisas que envolvem seres humanos (pesquisa que, individualmente ou coletivamente, envolva o ser humano, de forma direta ou indireta, em sua totalidade ou partes dele, incluindo o manejo de informações ou materiais), deve atender às exigências éticas e científicas fundamentais, devendo ser submetida à apreciação de um Comitê de Ética em Pesquisa, e só pode se processar após o consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos, que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa.

Os únicos requisitos exigidos, durante as entrevistas, é que o entrevistado fosse residente no domicílio, onde era realizada a entrevista, além de haver pelo menos um morador no domicílio que soubesse ler e assinar o nome, a fim de assinar o termo de consentimento da entrevista.

A pesquisa no município de Poço Redondo envolveu os seguintes aspectos:

- (i) Perfil – nível de escolaridade, profissão, quantidade de horas diárias que trabalha e renda mensal do chefe de família, número de pessoas residentes onde mora, as culturas que cultiva e os animais que cria.
- (ii) Objeto – tipologia habitacional, abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza pública e saúde pública.
- (iii) Aberto – qual o conceito que o entrevistado tem, com relação a cada serviço (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza pública e saúde pública) e o grau de satisfação, com relação a cada um destes serviços.

No Anexo I consta o modelo de questionário que foi aplicado. As informações foram obtidas, através do sistema de amostragem estratificada (COCHRAN, 1965), foram considerados 2 estratos: a zona rural e a zona urbana. De acordo com a Secretaria Municipal de Saúde, Poço Redondo conta com 6 equipes do Plano de Saúde Familiar (PSF), sendo 4 equipes atuando na zona rural (áreas 1, 2, 3 e 4) e duas atuando na sede (5 e 6). Foram aplicados questionários em 5% dos domicílios cadastrados de cada setor de atuação das equipes do PSF. O sorteio das casas, onde foram aplicados os questionários, foi realizado pelo método de amostragem casual simples e de modo proporcional à população de cada comunidade ou povoado. A amostra total compreendeu 307 questionários, sendo 229 aplicados na zona rural e 78 na zona urbana. Os dados quantitativos foram processados, utilizando-se a planilha do Excel, a partir dos dados do questionário.

Na Tabela 7.1 consta o número de domicílios cadastrados, em cada área, as localidades e o número de domicílios de cada uma das localidades, onde foram realizadas as entrevistas semi-estruturadas.

Tabela 7.1: Número de domicílios cadastrados na áreas de atuação do PSF e o nome das localidades, onde foram realizadas as entrevistas, com o respectivo número de domicílios entrevistados.

| Área                                      | Núcleo(s) principal(is)                     | Número total de domicílios | Localidades pesquisadas           | Número de domicílios entrevistados |
|---|---|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1   | Bonsucesso, Curralinho                      | 919                        | • Bonsucesso                      | 20                                 |
|   |   |                            | • Curralinho                      | 5                                  |
|   |   |                            | • Assentamento Cajueiro           | 9                                  |
|   |   |                            | • Assentamento São José de Nazaré | 4                                  |
|   |   |                            | • Assentamento São Francisco      | 4                                  |
|   |   |                            | • Maravilha                       | 1                                  |
|   |   |                            | • Monte Céu                       | 1                                  |
|   |   |                            | • Titóia                          | 1                                  |
|   |   |                            | • Barra da Onça                   | 1                                  |
| 2   | Santa Rosa do Ermírio                       | 1.342                      | • Santa Rosa do Ermírio           | 40                                 |
|   |   |                            | • Pedrinhas                       | 10                                 |
|   |   |                            | • Pedra Grande                    | 9                                  |
|   |   |                            | • Pé da Serra                     | 2                                  |
|   |   |                            | • Patos                           | 2                                  |
|   |   |                            | • Serra da Guia                   | 1                                  |
|   |   |                            | • Tanque Novo                     | 1                                  |
|   |   |                            | • Flor da Serra                   | 1                                  |
|   |   |                            | • Sítios Soares                   | 1                                  |
| 3   | Sítios Novos                                | 1.083                      | • Sítios Novos                    | 54                                 |
|   |   |                            | • Serra do Boi                    | 1                                  |
|   |   |                            |                                   |                                    |
| 4   | Queimadas, Areias, Assentamento Alto Bonito | 1.221                      | • Queimadas                       | 3                                  |
|   |   |                            | • Areias                          | 9                                  |
|   |   |                            | • Assentamento Alto Bonito        | 30                                 |
|   |   |                            | • Assentamento Mulungu            | 4                                  |
|   |   |                            | • Assentamento Pioneira           | 4                                  |
|   |   |                            | • Rancho Velho                    | 1                                  |
|   |   |                            | • Junca                           | 1                                  |
|   |   |                            | • Morro Vermelho                  | 2                                  |
|   |   |                            | • Maranduba                       | 1                                  |
|   |   |                            | • Assentamento Maria Feitosa      | 1                                  |
|   |   |                            | • Assentamento Maria Bonita       | 1                                  |
| • Assentamento Nossa Senhora da Conceição | 4   |                            |                                   |                                    |
| 5   | Poço Redondo (sede)                         | 1.560                      | • Poço Redondo                    | 58                                 |
| 6   | Poço Redondo (sede)                         |                            |                                   | 20                                 |
| Total                                     |   | 6.125                      | Total                             | 307                                |

## 7.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.3.1 – Perfil dos moradores

Houve uma ótima receptividade durante a aplicação dos questionários. Apenas um morador no povoado de Sítios Novos não aceitou conceder entrevista.

Nas Figuras 7.1 a 7.5 são apresentados os dados que foram obtidos sobre o perfil do chefe de família, através das entrevistas.

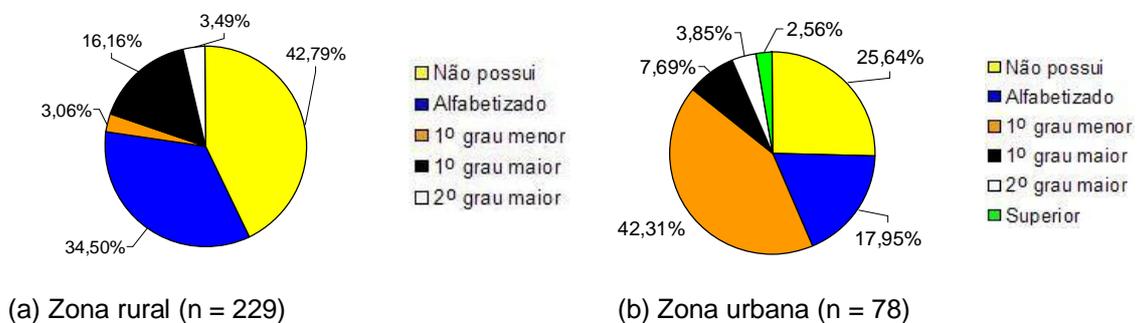


Figura 7.1: Nível de escolaridade dos chefes de família de Poço Redondo.

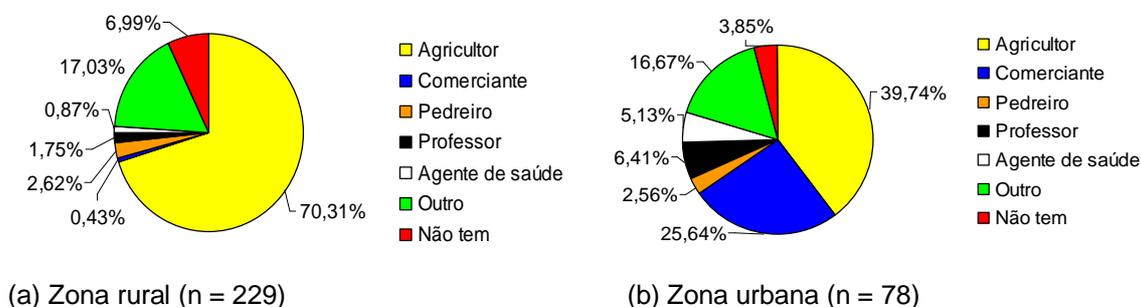


Figura 7.2: Profissão exercida pelos chefes de família de Poço Redondo.

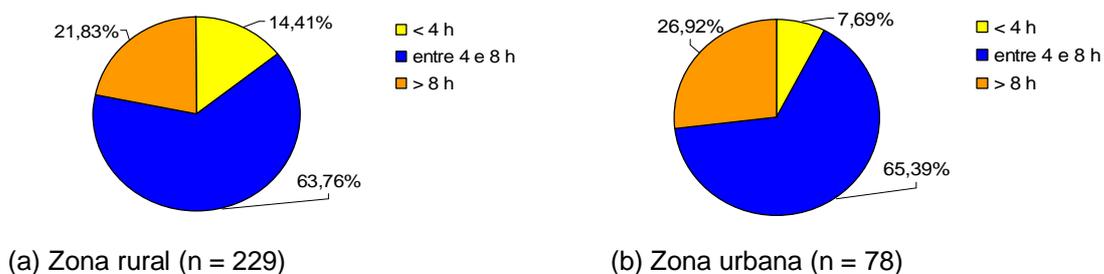
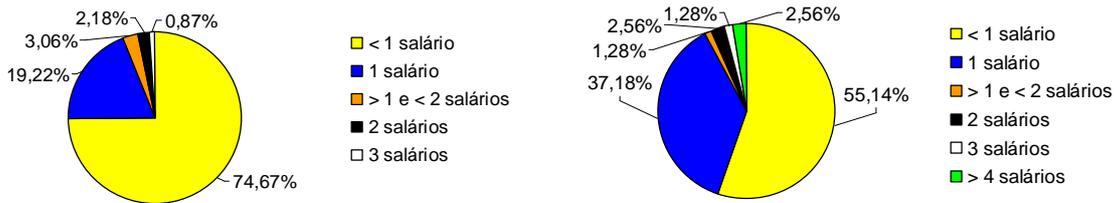


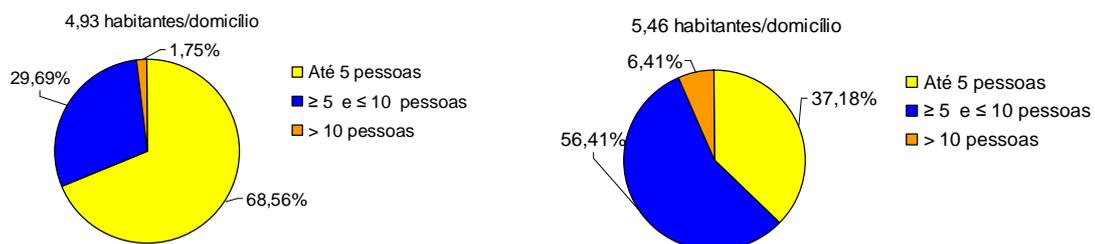
Figura 7.3: Horas diárias trabalhadas pelos chefes de família em Poço Redondo.



(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.4: Renda mensal dos chefes de família de Poço Redondo.



(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.5: Número de pessoas por domicílio em Poço Redondo.

Do exposto nas Figuras 7.1 a 7.5, comenta-se:

(i) Observa-se que na zona rural, 98 (42,79% do total de 229) dos chefes de família são analfabetos e que 79 (34,50% do total de 229) foram alfabetizados (sabe assinar o nome, mas escreve e lê com dificuldade). Na Zona urbana, o grau de instrução dos chefes é superior aos da zona urbana. Entretanto, 20 (25,64%) são analfabetos e (14 17,95%) mal sabem ler e escrever e apenas 2 possuem nível superior.

(ii) Do total de 229 entrevistados na zona rural, 161 (70,31%) são exclusivamente agricultor. Do total de 229 chefes de família, a maioria (146 chefes de família) trabalha entre 4 e 8 horas diariamente. Observa-se que 171 (74,67%) percebem vencimentos menores que 1 salário mínimo mensal. O número médio de habitante por domicílio é de 4,93.

(iii) Assim como na zona rural, na zona urbana, a maioria dedica-se à agricultura. O número de horas que exercem o ofício que predomina é entre 4 e 8 horas. Observa-se que 43 (55,13%) percebem vencimento inferior a 1 salário mínimo mensal. O número médio de habitante por domicílio é de 5,46.

Conforme mostra a Figura 7.6, as culturas mais cultivadas nas duas regiões são o feijão e o milho: na zona rural 203 entrevistados responderam que plantam feijão e 197 que plantam milho; enquanto que na zona urbana 33 cultivam feijão e 31 cultivam milho. O número de entrevistados nas zonas rural e urbana, que respondeu que não planta nenhuma cultura, foram respectivamente, 27 e 22. Conforme apresenta a Figura 7.7, as aves (1037 cabeças na zona rural e na zona urbana) e os bovinos (602 cabeças na zona rural e na zona urbana) são os animais mais difundidos em ambas as áreas. O número de entrevistados que respondeu que não cria nenhum animal foi de 36 (15,72%) na zona rural e 51 na zona urbana (64,56%).

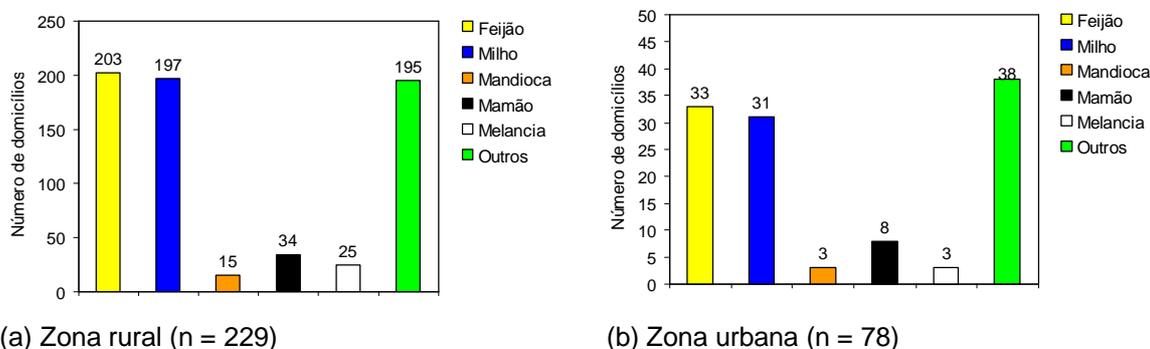


Figura 7.6: Culturas cultivadas em Poço Redondo.

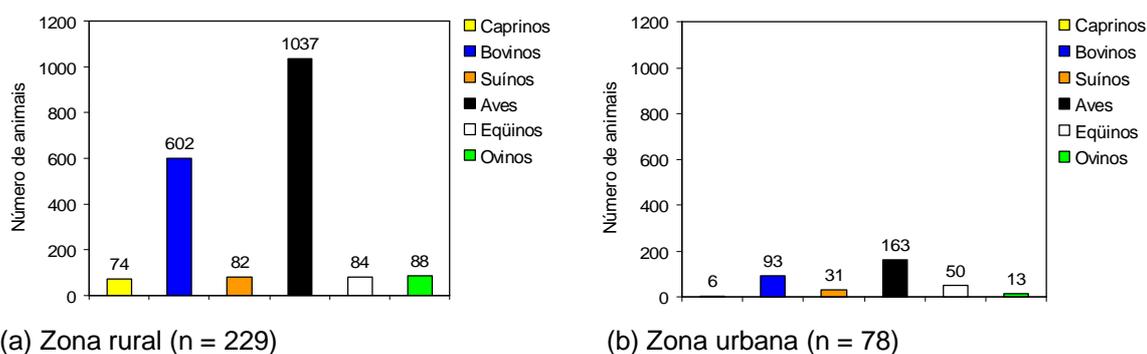
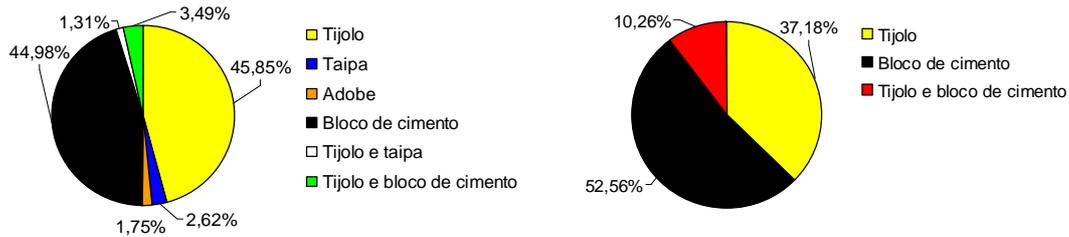


Figura 7.7: Quantitativo de animais em Poço Redondo.

### 7.3.2 – Objeto (perfil sanitário)

#### 7.3.2.1 – Habitação

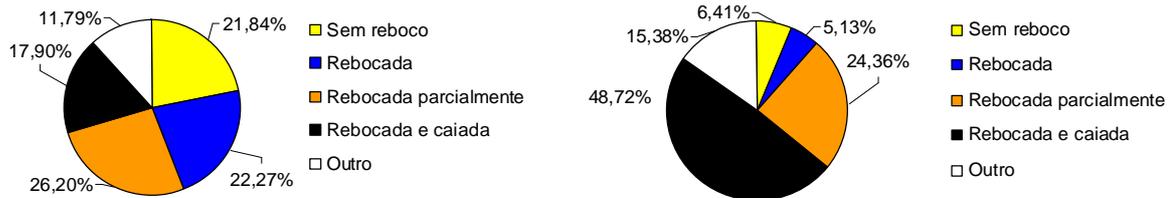
Informações concernentes à tipologia habitacional e suas características estão representadas nos gráficos das Figuras 7.8 a 7.12.



(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

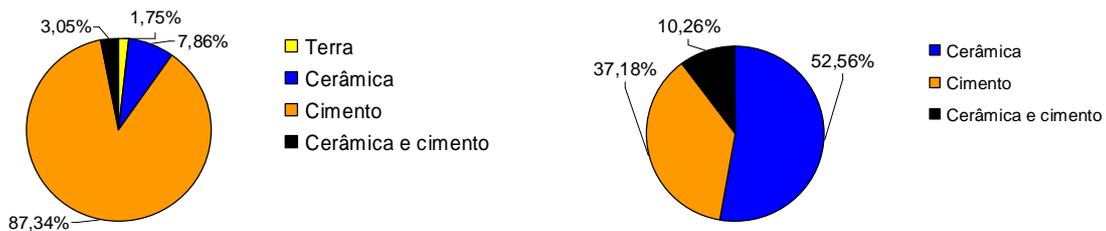
Figura 7.8: Tipo de alvenaria das casas de Poço Redondo.



(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.9: Tipo de revestimento das casas de Poço Redondo.



(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.10: Tipo de revestimento do piso das casas de Poço Redondo.

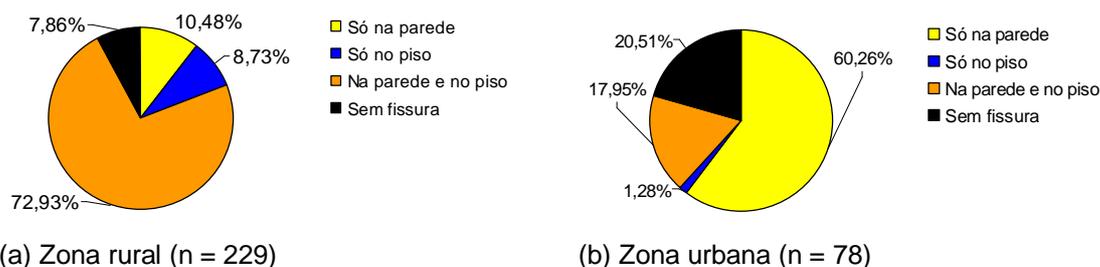


Figura 7.11: Presença de fissuras nas paredes e nos pisos das casas de Poço Redondo.

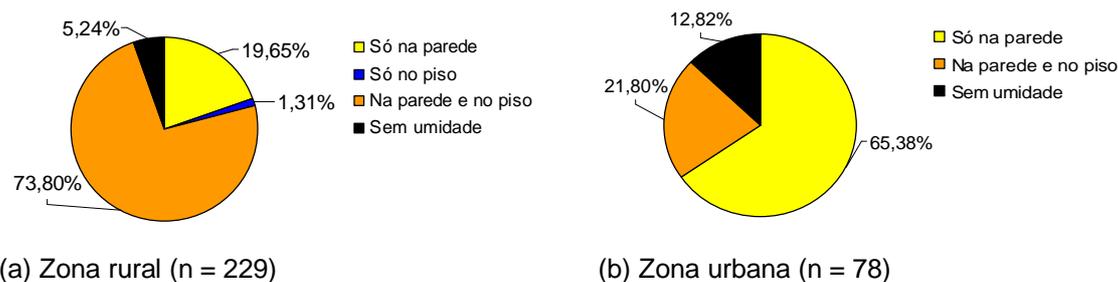


Figura 7.12: Presença de umidade nas paredes e nos pisos das casas de Poço Redondo.

Constatou-se, em síntese, a respeito das habitações da amostra investigada:

- (i) Todas as 229 casas na zona rural e 78 na zona urbana têm cobertura com telha cerâmica do tipo canal.
- (ii) Tanto na zona rural, como na urbana, a maioria das casas das amostras analisadas é de tijolo (105 domicílios da zona rural e 29 domicílios da zona urbana) ou de bloco de cimento (103 domicílios na zona rural e 41 da zona urbana). Além destas, na zona rural, 6 casas são de taipa, enquanto que 3 são uma parte de taipa e outra de alvenaria de tijolo.
- (iii) Verificou-se que 50 casas da zona rural não possuem reboco, 60 são rebocadas parcialmente e 27 têm uma parte caiada e outra sem reboco. Segundo Daltro Filho e Sales (2003), a ausência de revestimento nas paredes gera dificuldades de higienização e, no caso das casas de taipa, riscos da presença do barbeiro (*Triatoma sp.*), inseto transmissor da doença de chagas (*Trypanossoma cruzi*).
- (iv) Na zona rural predomina o piso cimentado como material do piso das residências. Observou-se durante as visitas, que algumas casas possuíam o

piso cimentado do tipo vitrificado, outras o piso era do tipo cimentado queimado e outras do tipo cimentado grosseiro. Este último tipo de piso, segundo Daltro Filho e Sales (2003), costuma trazer dificuldades de higienização, gerando grande quantidade de poeira durante a varrição e, por conseguinte, favorece o surgimento de doenças respiratórias. Por outro lado, o tipo de piso, predominantemente encontrado nas casas da zona urbana, foi o de cerâmica.

(v) A maioria das casas (73,80%) da zona rural apresentava fissuras, tanto na parede como no piso do chão, enquanto que a maior proporção (60,26%) das casas da zona urbana, só apresentava fissuras na parede. Apenas 7,86% das residências na zona rural e 20,51% na zona urbana não apresentavam fissura nem na parede, nem no piso.

(vi) A maior proporção das casas na zona rural apresentava umidade, tanto na parede como no piso, correspondendo a 73,80% do total das casas entrevistadas. Na zona urbana o maior percentual das casas (65,38%) apresentava umidade apenas na parede.

Durante as entrevistas, pôde-se visualizar, em algumas residências, cavidades e irregularidades nas paredes, conforme mostra a Figura 7.13. Paredes esburacadas e superfícies irregulares, segundo Daltro e Sales (2003), além de favorecerem um maior acúmulo de sujeiras, podem servir de abrigo a insetos.



(a) Irregularidades e ausência de revestimento



(b) Presença de cavidades

Figura 7.13: Más condições verificadas nas paredes durante as entrevistas.

### 7.3.2.2 – Abastecimento de água

De acordo com as respostas das entrevistas, 180 casas, do universo da amostra da pesquisa de 229 casas na zona rural, recebem água da rede pública. Na zona urbana, 74 residências, do total de 78, são contempladas com água da rede pública. Essa água é proveniente da captação no povoado ribeirinho de Ilha do Ouro (município de Porto da Folha-SE), no leito do rio São Francisco. Esse sistema integra o sistema do Alto Sertão. Antes de ser distribuída para a população essa água submete-se a um tratamento em uma ETA localizada na cidade de Porto da Folha. A companhia responsável pelo sistema de abastecimento de água é a DESO (Companhia de Saneamento de Sergipe).

Vale observar que das 180 residências acima referidas, 155 delas recebem do sistema acima descrito, enquanto que 20 casas do povoado de Bonsucesso têm captação e tratamento (ETA) próprios e 5 casas do povoado de Curralinho possuem captação própria, porém, só ocorre cloração simples.

Durante o período de inverno (período chuvoso), 167 (72,93%) entrevistados afirmaram que a forma de abastecimento de água é somente a rede pública, enquanto que 62 se abastecem com água da rede pública e também, através de outra forma (carro pipa, cisterna (águas pluviais), de chafariz ou do parente ou vizinho). Isso é devido ao fato da ocorrência da intermitência, que ocorre mesmo no inverno e também que algumas casas ligadas à rede dispõem de cisterna para armazenamento de águas pluviais. Na zona urbana 73 (93,59%), durante esse período, só utilizam água da rede pública e 1 utiliza de ambas (rede pública e ou outra forma). A forma de abastecimento no inverno é vista na Figura 7.14. Analogamente, acontece na época seca, como mostra a Figura 7.15.

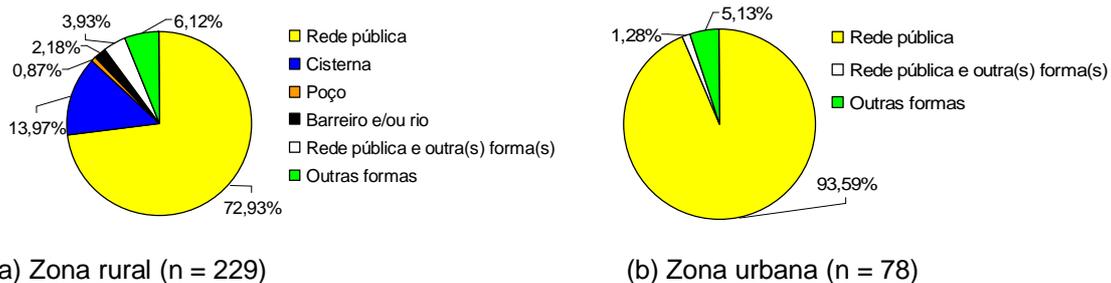


Figura 7.14: Forma de abastecimento de água no inverno em Poço Redondo.

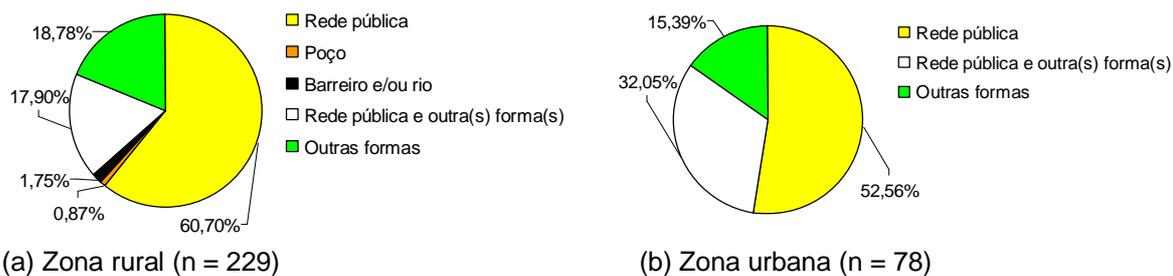


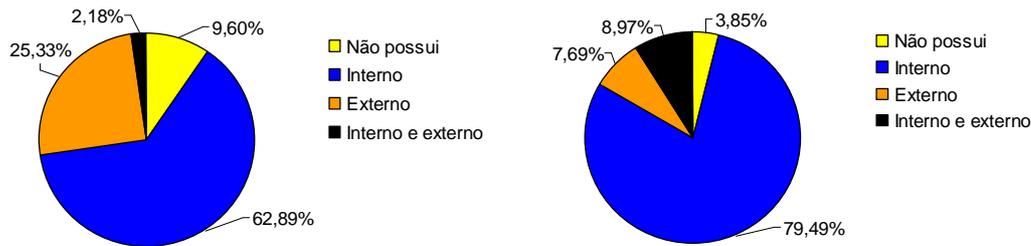
Figura 7.15: Forma de abastecimento de água no verão em Poço Redondo.

Da amostra de 180 casas da zona rural, ligadas à rede de abastecimento, 118 (65,56%) possuem hidrômetro, enquanto que na zona urbana, do total de 74 casas, 71 dispõem.

O número de casas na zona rural que dispõe de cisterna e/ou caixa d'água para armazenamento de água, é de 201. Na zona urbana é de 66. A capacidade desses reservatórios varia entre 250 e 16.000 L. Um total de 192 dos entrevistados na zona rural e 63 na zona urbana afirmaram, que antes de beber a água, filtram e/ou coam e/ou fervem e/ou usam cloro. Porém, da zona rural, 138 e da zona urbana 52, disseram que o fazem esporadicamente.

### 7.3.2.3 – Esgotamento sanitário

Um total de 22 casas da zona rural (9,60%) e 3 (3,85%) na zona urbana não possuem banheiro. Como mostra a Figura 7.16.



(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.16: Domicílios que possuem ou não banheiro.

Alguns banheiros da zona rural não possuem descarga, sendo utilizado balde, em alguns casos, para apanhar a água armazenada em um reservatório instalado acima do teto do banheiro (Figura 7.17).

O destino das águas cinzas de 191 casas na zona rural e 32 na zona urbana é o terreno, da forma como se vê na Figura 7.18. No restante das casas estas águas servidas são conduzidas à rede de esgoto.



Figura 7.17: Reservatório, localizado acima do banheiro, para descarga do vaso sanitário.



Figura 7.18: Águas cinzas despejadas no quintal.

O esgoto oriundo do vaso sanitário (águas negras) da maioria das casas é direcionado para fossa, e desta para o terreno (geralmente, o quintal das casas), conforme mostra a Figura 7.19.

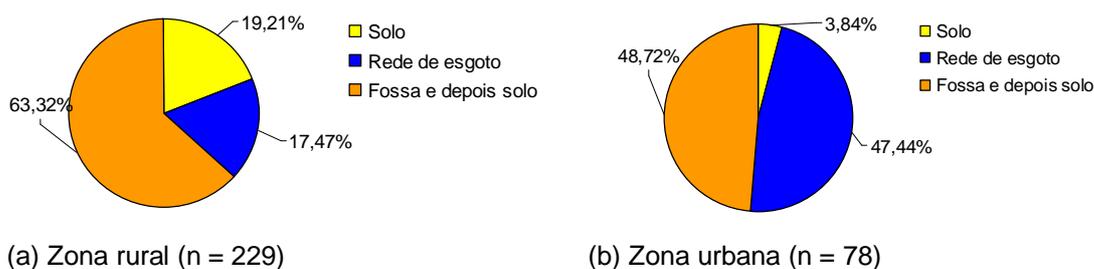


Figura 7.19: Destino do esgoto do vaso sanitário das residências em Poço Redondo.

A disposição adequada dos esgotos é essencial à proteção da saúde pública. Cerca de 50 tipos de infecções podem ser transmitidas por diferentes caminhos envolvendo as excretas humanas (NASCIMENTO FILHO, 2000). Com relação às concentrações de poluentes nas águas cinzas vindas do banheiro, da lavanderia e da cozinha variam sensivelmente entre si. Aquelas provenientes do banheiro, considerando só as do lavatório e as do chuveiro são constituídas de gorduras, sabões, óleos, entre outros. As águas cinzas da lavanderia apresentam uma alta concentração química de elementos como sódio, fosfatos, nitrogênio, boro e surfactantes. Aquelas vindas da pia de cozinha apresentam uma contaminação física maior, em virtude da presença de partículas de alimentos, óleos e gorduras. Não obstante, é extremamente contaminada por microorganismos (BORGES, 2003).

No entanto, no município de Poço Redondo-SE, apenas o povoado de Santa Rosa do Ermírio e o bairro São José, localizado na sede municipal, o esgoto domiciliar é conduzido para fossa séptica e em seguida para um filtro anaeróbio que, no entanto, estão funcionando precariamente.

Constatou-se no local onde estão estas unidades de tratamento de Santa Rosa do Ermírio, mau cheiro, obstrução, fossa séptica com tampas fora da posição e filtro séptico com laje avariada, além de vegetação alta em lagoa que recebe o efluente do filtro anaeróbio, como se vê na Figura 7.20. Até 2002 existia um projeto, na área de Xingó, em que o esgoto dessa lagoa era utilizado na irrigação de feijão guandu (*Cajanus cajan*), sorgo (*Sorghum bicolor (L) Moench*) e melão (*Cucumis melo L.*), vistos na Figura 7.21.



(a) Fossa séptica com laje fora de posição



(b) Filtro anaeróbio com laje avariada



(c) Vegetação alta no local

Figura 7.20: Condições precárias das unidade de tratamento de Santa Rosa do Ermírio.



(a) Feijão guandu



(b) Sorgo

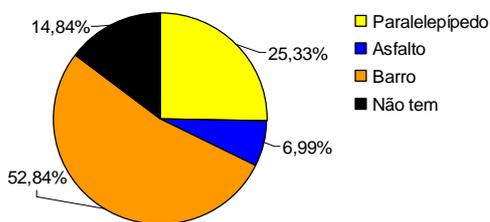


(c) Melão

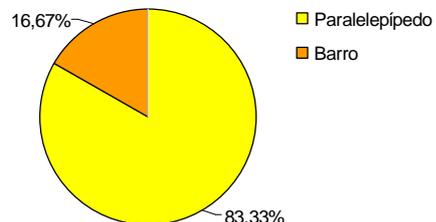
Figura 7.21: Culturas cultivadas na época que havia um projeto de reúso de Santa Rosa do Ermírio.

### 7.3.2.4 – Drenagem pluvial

A maioria das casas da zona rural localiza-se em rua com pavimentação de barro, muitas vezes precária, enquanto que a maior parte das casas da zona urbana localiza-se em rua calçada em paralelepípedo, como mostra o gráfico da Figura 7.22.



(a) Zona rural (n = 229)



(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.22: Tipo de pavimentação da rua onde se situam as casas de Poço Redondo.

Não existe um planejamento no que se refere a esse setor. As águas pluviais escoam através do calçamento das ruas, algumas vezes precário, sendo que, em algumas, estão ausentes.

#### **7.3.2.5 – Limpeza pública**

De acordo com as informações dos entrevistados na zona rural, em 56,33% das casas, os resíduos sólidos domiciliares são recolhidos pela prefeitura e o restante queima e/ou enterra. Na zona urbana os 78 entrevistados (100%) responderam que este material é recolhido pela prefeitura. O lixo coletado é encaminhado e conduzido a um lixão.

#### **7.3.2.6 – Saúde pública**

O número de entrevistados, que responderam que nenhuma pessoa, na residência onde mora, apresentou alguma enfermidade nos últimos 6 meses, foi de 135 (58,95%) na zona rural e 52 (66,67%) na zona urbana. Na zona rural, segundo relatado pelos entrevistados, as enfermidades mais freqüentes, que acometeram pelo menos uma pessoa da residência, onde reside o morador entrevistado foram: virose, dengue, diarreias, respectivamente, em 32, 30 e 23 domicílios da amostra pesquisada. Na zona urbana foram: virose, diarreia, dengue e doenças respiratórias, respectivamente, em 11, 7, 3 e 3 residências. Não foi informado ao entrevistado da ocorrência de óbitos.

A opinião dos entrevistados, quanto à acessibilidade às unidades de saúde, numa escala de ótima a péssima, é representada na Figura 7.23.

A maior porcentagem dos entrevistados na zona rural (29,25%) classificou como ruim a acessibilidade, enquanto que na zona urbana, a maior proporção, correspondente a 65,38%, disseram que o acesso é bom.

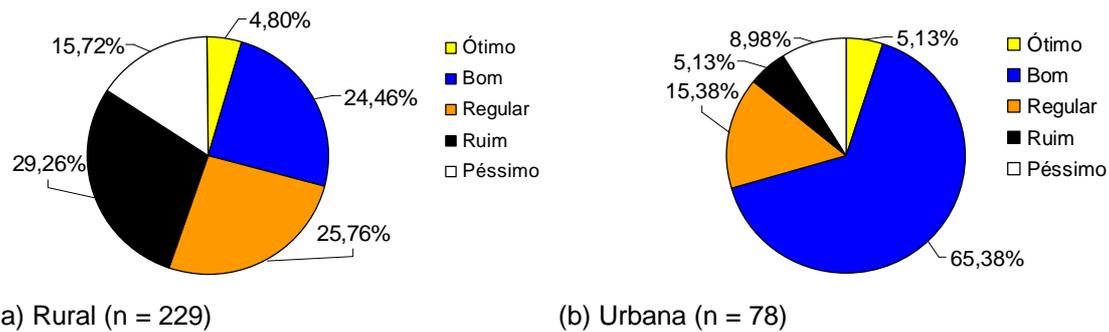


Figura 7.23: Nível de acessibilidade a unidades de saúde, na opinião dos entrevistados.

### 7.3.3 – Aberto (opinião do entrevistado sobre os serviços de saneamento)

Quando indagados sobre qual dos serviços (abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza pública e saúde pública), o entrevistado acha que lhe traz maiores problemas e dificuldades, o maior percentual de entrevistados, em ambas as áreas, respondeu que era o esgotamento sanitário (26,20% dos entrevistados na zona rural e 42,31% dos entrevistados na zona urbana), como representado nos gráficos da Figura 7.24. O segundo percentual maior, em ambas as áreas, correspondeu ao abastecimento de água. Um significativo número de pessoas na zona rural, correspondendo a 25,32%, respondeu que não sabe dizer.

Por outro lado, o serviço mais escolhido como o melhor, com 38, 87% na opinião dos entrevistados da zona rural, foi o de saúde pública e na zona urbana, com 32,06% dos entrevistados, o serviço de limpeza pública, como mostra a Figura 7.25. Ao responder o questionário, muitos indagaram ao entrevistador, sobre o conceito de drenagem pluvial, o qual respondeu de forma simples e esclarecedora.

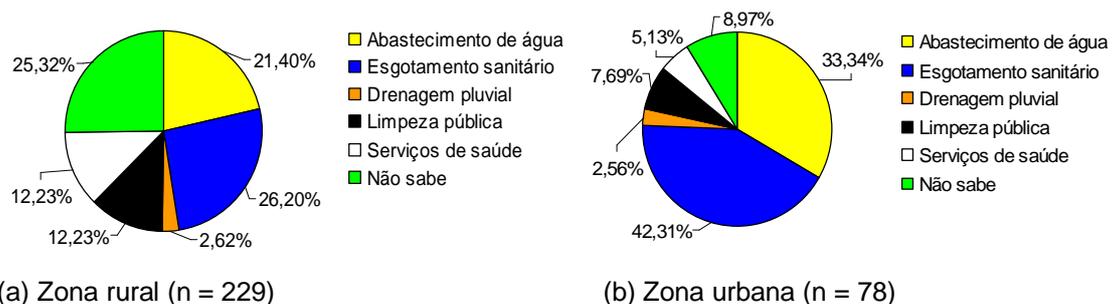
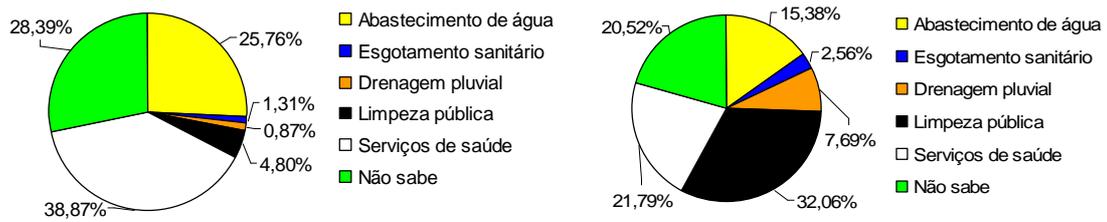


Figura 7.24: Pior serviço público, na opinião dos entrevistados.



(a) Zona rural (n = 229)

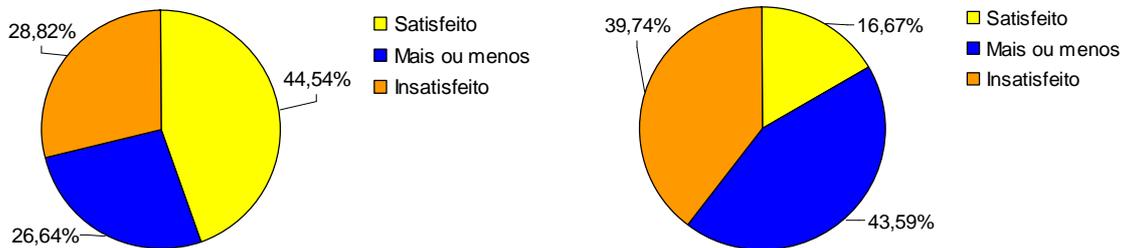
(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.25: Melhor serviço público, na opinião dos entrevistados.

O grau de satisfação, quanto aos serviços públicos, na opinião dos entrevistados é representado nas Figuras 7.26 a 7.30.

O maior percentual dos entrevistados na zona rural disse estar insatisfeito, com relação aos serviços de esgotamento e drenagem pluvial. Com relação aos outros serviços, o maior percentual respondeu estar satisfeito.

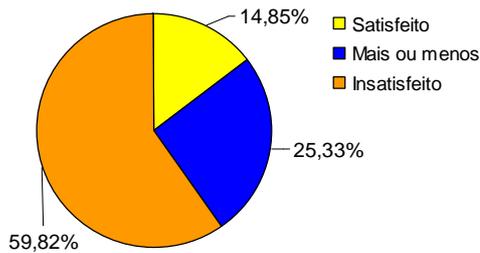
O único serviço na zona urbana, onde o maior percentual respondeu que estava satisfeito, foi o de drenagem pluvial. Por outro lado, o único serviço, em que o maior percentual dos entrevistados respondeu estar insatisfeito, foi o de esgotamento sanitário. Os demais serviços a maior proporção respondeu estar nem satisfeito, nem insatisfeito. Constata-se que, embora o serviço de limpeza pública tenha sido escolhido como o melhor, na opinião dos entrevistados na zona urbana, a maior proporção (56,41%) respondeu não estar satisfeito, nem insatisfeito.



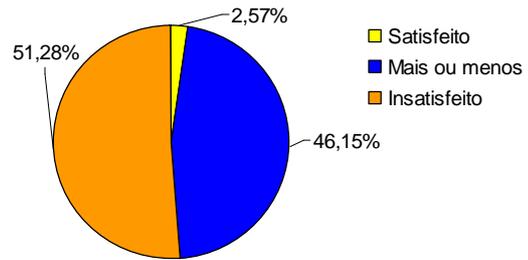
(a) Zona rural (n = 229)

(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.26: Nível de satisfação, com relação ao abastecimento de água, na opinião dos entrevistados.

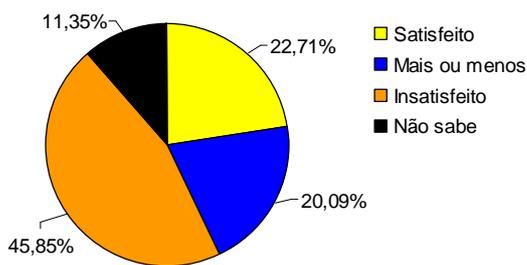


(a) Zona rural (n = 229)

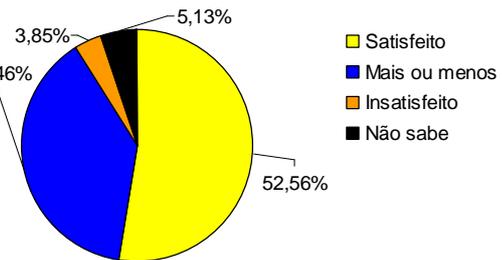


(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.27: Nível de satisfação, com relação ao esgotamento sanitário, na opinião dos entrevistados.

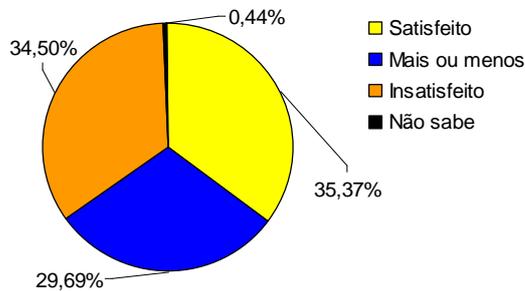


(a) Zona rural (n = 229)

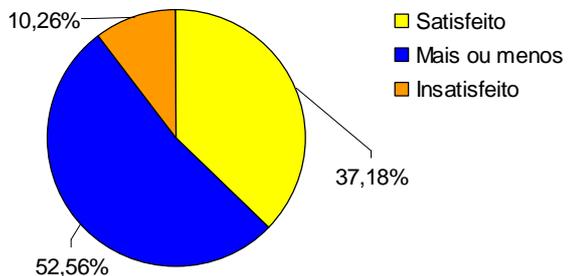


(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.28: Nível de satisfação, com relação à drenagem pluvial, na opinião dos entrevistados.

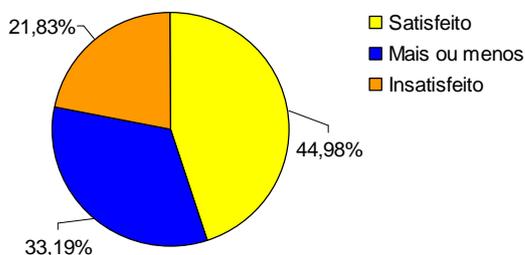


(a) Zona rural (n = 229)

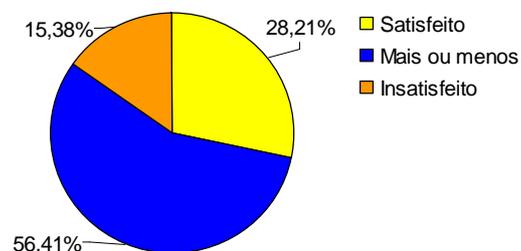


(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.29: Nível de satisfação, com relação aos serviços de limpeza pública, na opinião dos entrevistados.



(a) Zona rural (n = 229)



(b) Zona urbana (n = 78)

Figura 7.30: Nível de satisfação, com relação aos serviços de saúde, na opinião dos entrevistados.

## **7.4 – CONCLUSÕES**

De acordo com os resultados obtidos, através da aplicação de 307 questionários, sendo 229 na zona rural e 78 na zona urbana do município de Poço Redondo, constatou-se:

Os chefes de família, na sua maioria agricultores, que habitam na zona rural possuem um baixo grau de escolaridade (na zona rural 42,79% são analfabetos e 34,50% sabem apenas assinar o nome, mas escreve e lê com dificuldade). Na zona urbana, o grau de instrução dos chefes, embora seja superior aos da zona rural, apresenta-se baixo (25,64% são analfabetos e 14 17,95% mal sabem ler e escrever e apenas 2,56% possuem nível superior). Além disso, um Percentual que corresponde a 63,73% dos chefes de família da zona rural e 55,14% da zona rural percebem menos que 1 salário mínimo e vivem em moradia que apresenta um infra-estrutura sanitária deficitária.

Embora sejam contemplados pelo abastecimento de água público, alguns recorrem a outros meios para suprirem seu consumo, devido à intermitência do fornecimento de água.

Tanto na zona rural, como na zona urbana, o maior percentual dos entrevistados escolheu o esgotamento sanitário como o pior serviço. Na zona rural o maior percentual dos entrevistados disse achar os serviços de saúde como o melhor serviço público, enquanto que na zona urbana disseram ser a limpeza pública o pior.

## **7.5 – RECOMENDAÇÕES**

Urge a necessidade de implantação de um programa habitacional para melhoria ou construção de casas populares, dentro de padrões sanitários adequados.

A carência de investimentos em saneamento é evidente. Faz-se necessário um ordenamento institucional, que permita a implementação de ações e investimentos coordenados entre os três níveis de governo.

A educação ambiental e a mobilização social devem ser prioritárias. Dentre outras ações, deverão ser desenvolvidas a capacitação de educadores da rede ensino e difusão de informações por diversos veículos de comunicação.

## **7.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BORGES, N.C.F. Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná/Setor de Tecnologia, Curitiba-PR. 2003.

COCHRAN, W.G. Técnicas de amostragem. Rio de Janeiro: USAID, 1965. 555 p.

DALTRO FILHO, J.; SALES, A.T.C. Condições de salubridade de habitações em uma comunidade do semi-árido de Sergipe. In: 22<sup>º</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003 Joinville. Anais... Joinville: ABES, 2003. 1 CD-ROM.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo demográfico 2000 Agregado por Setores Censitários dos resultados do universo. v. 3. Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO FILHO, D.G. Contaminação do manancial subterrâneo da cidade de Feira de Santana por nitratos, influência das fossas sépticas. In: IX SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

SANTOS, M.J.; DALTRO FILHO, J. Importância da água na qualidade de vida das comunidades rurais do sistema integrado de água de Escurial, no semi-árido de Sergipe-Brasil. In: IX SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD-ROM.

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSÕES FINAIS

Com relação à hipótese formulada nesta tese, verificou-se:

- (i) A água armazenada nas cisternas, geralmente, não atendia aos padrões estabelecidos para água destinada ao consumo humano. Isso se deve ao fato de que a água de chuva, embora seja notoriamente de boa qualidade, a água armazenada nas cisternas monitoradas não era exclusivamente, de origem pluvial e os cuidados com a proteção sanitária não eram adequados.
- (ii) A água produzida nos quatro dessalinizadores monitorados, embora, nem sempre, tenha atendido aos padrões de potabilidade, no geral, mostrou-se de boa qualidade para o consumo humano.
- (iii) Em nenhuma ocasião verificou-se que a qualidade de água dos barreiros era apropriada para o consumo humano, sendo, no entanto, recomendada apenas para usos menos nobres, como, por exemplo, a dessedentação de animais. Esse resultado já era esperado, em virtude de que, estas estruturas ficam bastante expostas, sendo bastante susceptíveis à contaminação. Além disso, havia sido verificado na literatura, constatação similar.

Com base nos estudos que foram conduzidos nesta pesquisa, concluiu-se:

1 – Embora os indicadores ICV e IDH de desenvolvimento dos municípios da área de Xingó venham ascendendo, ao longo dos anos, verificou-se, em geral, que as condições de saneamento estão aquém do ideal. Várias deficiências foram identificadas na área em estudo:

- (i) Uma necessidade de melhorar a preservação, manutenção e vistorias das unidades do sistema de abastecimento e conscientização de evitar o desperdício de água. Além disso, é uma necessidade premente, que as empresas responsáveis devam promover um controle efetivo do sistema de abastecimento, através do desenvolvimento de dois planos independentes: um de manutenção e outro de reabilitação, pois, como foi relatado, as perdas de

água nos sistemas de abastecimento de água na área estudada são elevadas, atingindo até 76% (Petrolândia).

(ii) A ausência de rede coletora em várias cidades (Pão de Açúcar, Piranhas, Chorrochó e Monte Alegre de Sergipe), a baixa cobertura de coleta (menos de 50% das casas ligadas à rede de esgoto) em várias cidades (Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado, Pariconha, Glória, Macururé, Belém do São Francisco, Orocó, Tacaratu, Terra Nova, Nossa Senhora da Glória e Poço Redondo) e a má preservação do sistema de esgotamento sanitário têm contribuído para o lançamento desses resíduos líquidos no solo e nos corpos hídricos da bacia do rio São Francisco.

(iii) Necessidade de elaboração de projetos criteriosos, maior atenção com relação à manutenção e conservação dos componentes do sistema de drenagem.

(iv) Uma necessidade de proporcionar um tratamento e disposição adequados aos resíduos sólidos e elaboração de um programa sistemático de educação ambiental.

(v) Uma infra-estrutura deficitária das unidades de saúde e carência de profissionais de saúde, o número elevado de mortes por causa desconhecida (atingiu um ápice em Olho d'Água do Casado, com 94,1%), as altas taxas de mortalidade infantil (geralmente ultrapassam o índice aceitável da ONU, que é de até 20 óbitos para cada 1000 nascidos vivos, com um valor máximo em Olho d'Água do Casado, com 171,6‰) e o número elevado de doenças de veiculação hídrica como, por exemplo, cerca de 1200 casos de diarreia notificados por ano, ocorridos em Tacaratu-PE.

2 – Devido à ineficiência, no tocante aos cuidados com operação e manutenção dos dessalinizadores, de 56 unidades de dessalinização na área de Xingó, somente 11 vinham produzindo água dessalinizada. Além de 45 unidades que não estavam produzindo água dessalinizada, acrescenta-se a paralisação do dessalinizador de Areias em maio de 2006. Adicionalmente, verificou-se que o rejeito gerado vinha sendo descartado no meio ambiente, sem nenhum critério, contribuindo para a sua degradação. As análises de água do rejeito mostraram elevadas concentrações de cloretos, STD e condutividade elétrica. Os maiores valores foram verificados no rejeito gerado no

dessalinizador de Areias (Poço Redondo-SE), sendo esses valores, iguais a 6226 mg/L (cloretos), 26826 mg/L (STD) e de 18020  $\mu$ S/cm (condutividade elétrica). Amostras de solo coletadas no local de despejo do rejeito dessas unidades mostraram que o mesmo é prejudicial ao solo. A condutividade elétrica de cada um dos extratos de saturação de todas as amostras coletadas no ponto de despejo do rejeito, foi superior a 4 dS/m, caracterizando o solo como salino, sendo prejudicial ao desenvolvimento de culturas. O máximo valor foi verificado no local de despejo do rejeito de Icozeira (7,94 dS/m).

3 – Os valores de cor aparente, turbidez e dureza da água do permeado produzido pelos dessalinizadores de Areias, Aroeira, Minuim e Icozeira sempre atenderam à Portaria 518 do MS. No entanto, o pH do permeado produzido nos dessalinizadores de Aroeira e no de Icozeira, nem sempre; o STD e a concentração de cloretos do permeado produzido no dessalinizador de Areias, nem sempre atenderam à Portaria nº 518 do MS. Embora não tenha sido detectada a presença de coliformes termotolerantes no permeado, convém efetuar a desinfecção, pois as torneiras, onde se retira o permeado, ficam expostas. Além disso, essa água é transportada em baldes, com boa possibilidade de ficar contaminada.

4 – Levantamentos sobre as condições de uso das cisternas e análises de água coletada evidenciaram a necessidade premente de um sistemático programa de capacitação dos usuários e de monitoramento e controle da qualidade de água.

5 – A água estocada nos barreiros não deve ser consumida pela população, pois a cor aparente, a turbidez e a presença de coliformes não estão compatíveis com a Portaria 518 do MS.

6 – Com os resultados da aplicação dos questionários à população de Poço Redondo, constatou-se o baixo nível de escolaridade e de renda dos chefes de família e da má qualidade dos setores de serviço.

7 – De acordo com a opinião dos entrevistados na zona rural de Poço Redondo, o serviço de saúde foi o que apresentou maior percentual, com

38,9% dos entrevistados escolhendo-o como o melhor serviço, enquanto que 28,4% responderam que não sabiam qual o melhor serviço.

8 – Na zona urbana, o serviço que apresentou maior percentual foi o de limpeza pública, com cerca de 32,1% dos entrevistados, elegendo-o como o melhor serviço. Um percentual de 20,5% dos entrevistados não soube responder.

9 – Tanto na zona rural, como na urbana, o esgotamento sanitário foi escolhido como o pior serviço, respectivamente, com 26,2% e 42,3% das pessoas questionadas.

Espera-se que os resultados deste trabalho proporcionem subsídios, que auxiliem os gestores nas tomadas de decisões, nas questões que envolvam o saneamento.

# ANEXOS

**ANEXO A: FLUXOGRAMA, EQUIPAMENTOS E  
INSTRUMENTOS DO DESSALINIZADOR (MODELO AP  
1000/4000 da Perenne) DE MINUIM (SANTA BRÍGIDA-BA)**

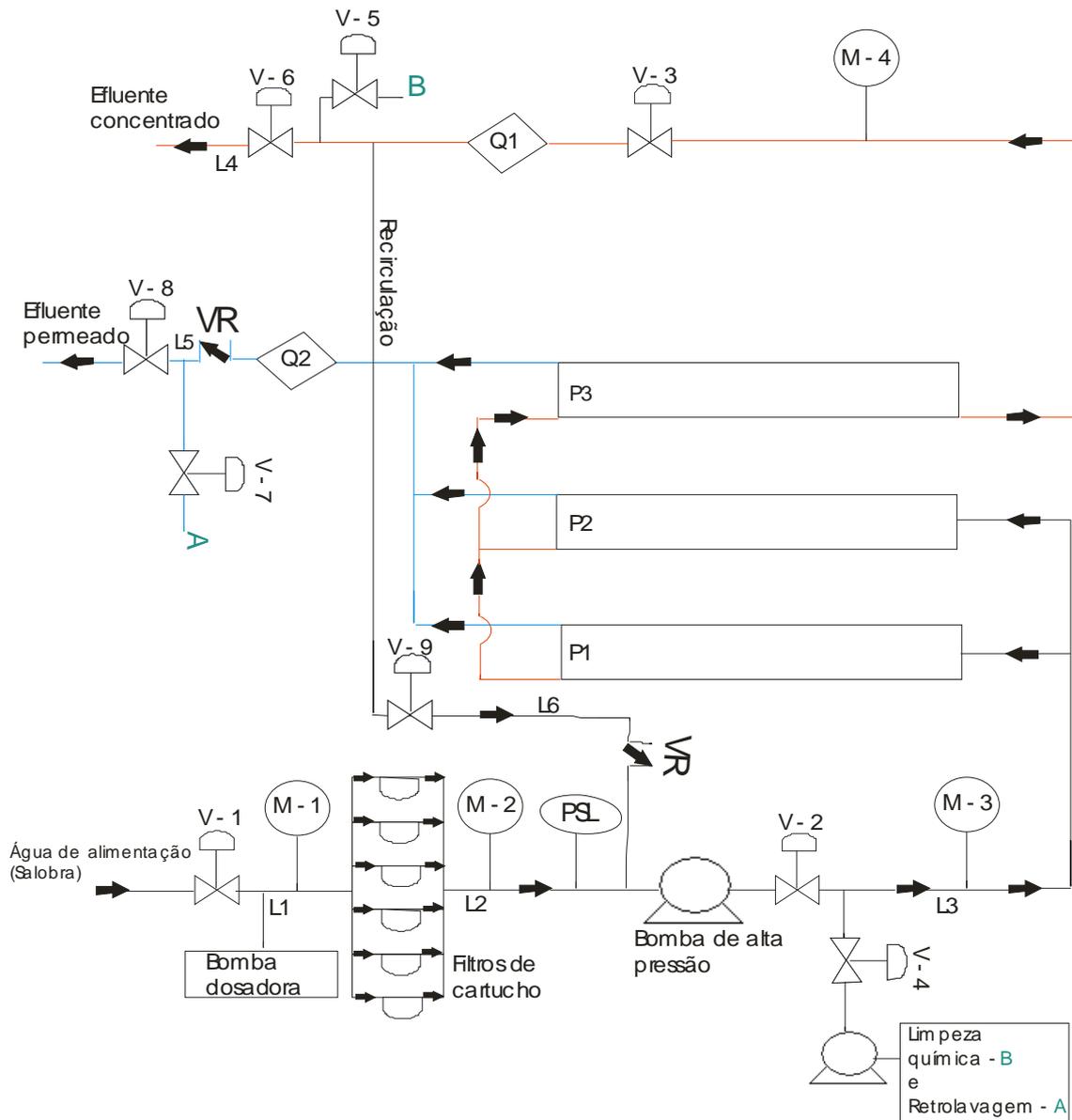


Figura A.1: Fluxograma do dessalinizador (modelo AP 1000/4000 da Perenne) de Minuim (Santa Brígida-BA)

## A.1 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO (RELACIONADO À FIGURA A.1)

A água salobra (L1) é admitida na unidade, através da válvula (V – 1); em seguida passa por uma bateria de filtros de cartucho, onde são removidos os sólidos em suspensão. A referida bateria é composta por 6 filtros de cartucho em paralelo. Após a bateria de filtros, a água salobra filtrada é enviada para a bomba de alta pressão (L2), que fornece pressão suficiente para remover os sais através das membranas).

A linha L3 alimenta o vaso de pressão, onde ocorre o processo de separação. As linhas L4 e L5 conduzem, respectivamente, concentrado e água potável.

Obs: No caso de queda de pressão na L2, após os filtros de cartucho (por falta de água de alimentação, entupimento dos filtros, vazamentos, etc.), o equipamento desliga-se automaticamente.

## A.2 – DESCRIÇÃO DAS LINHAS, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

### A.2.1 – LINHAS (REFERE-SE AO FLUXOGRAMA DE PROCESSO COMPLETO)

Tabela A.1: Linhas

| Linha | Material   | Qualidade da água  | Utilização   |
|-------|------------|--|--|
| L1    | PVC        | Salobra (baixa pressão, não exceder 7 kg/cm <sup>2</sup> ) | Alimentação dos filtros de 5 micra   |
| L2    | CPVC/nylon | Salobra (baixa pressão)                                    | Captação da água dos filtros de 5 micra para alimentação da bomba de alta pressão                |
| L3    | PVC        | Salobra (alta pressão, não exceder 30 kg/cm <sup>2</sup> ) | Transporta água salobra filtrada e pressurizada durante a operação para alimentar os permeadores |
| L4    | PVC        | Salobra concentrada (baixa pressão)                        | Transporta água salobra concentrada  |
| L5    | PVC        | Potável (baixa pressão)                                    | Transporta água potável para o reservatório  |
| L6    | PVC        | Salobra concentrada (baixa pressão)                        | Recircula o concentrado para aumentar a recuperação do sistema (opcional)                        |

## A.2.2 – EQUIPAMENTOS

Tabela A.2: Bomba de alta pressão

| Tipo                     | Pressão de operação (kg/cm <sup>2</sup> ) | Motor                                    | Potência (CV) | Função  |
|--------------------------|---|--|---------------|---|
| Centrífuga multi-estágio | 18,0                                      | 220/380 V – monofásico/trifásico – 60 Hz | 3,0           | Comprimir a água salobra filtrada a ser enviada aos permeadores |

Tabela A.3: Bomba de retrolavagem

| Tipo                | Pressão de operação (kg/cm <sup>2</sup> ) | Motor                      | Potência (CV) | Função                               |
|---------------------|---|----------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Centrífuga em Noryl | 2,0                                       | 220 V – monofásico – 60 Hz | 1/3           | Fazer retrolavagem e limpeza química |

Tabela A.4: Bomba dosadora (opcional)

| Tipo      | Pressão de operação (kg/cm <sup>2</sup> ) | Motor      | Função                            |
|-----------|---|------------|-----------------------------------|
| Diafragma | 18,0                                      | Bobina Saw | Dosar ácido e/ou anti-incrustante |

Tabela A.5: Válvulas

| Válvula | Tipo            | Função  |
|---------|-----------------|---|
| V – 1   | Esfera/manual   | Controlar a entrada da água salobra (água do poço)  |
| V – 2   | Esfera/manual   | Controlar a vazão e/ou pressão de saída da bomba de alta pressão                                  |
| V – 3   | Esfera/manual   | Controlar a vazão e/ou pressão de saída do concentrado do permeador (regulagem do dessalinizador) |
| V – 4   | Esfera/manual   | Controlar o sistema de retrolavagem   |
| V – 5   | Esfera/manual   | Efetuar limpeza química   |
| V – 6   | Esfera/manual   | Efetuar limpeza química   |
| V – 7   | Esfera/manual   | Alimentar reservatório de retrolavagem  |
| V – 8   | Esfera/manual   | Alimentar reservatório de retrolavagem  |
| V – 9   | Registro/manual | Ajustar a recirculação (opcional)   |
| VR      | Retenção        | Assegurar o sistema   |

Tabela A.6: Filtros de cartucho (5 micra)

| Quantidade | Elemento filtrante  | Vazão máxima de operação (m <sup>3</sup> /h/elemento) | Pressão máxima de operação (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|---|---|--|
| 6          | Cartucho de celulose aglomerada e/ou polipropileno 5 micras | 1,0   | Diferencial de 1,8 – 2,4                         |

Tabela A.7: Permeadores (P1, P2 e P3)

| Número de elementos | Comprimento (m) | Diâmetro (m) | Pressão máxima de operação (psi) | Temperatura máxima de operação (°C) |
|---------------------|-----------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 3                   | 3,0             | 0,1          | 355,0                            | 45                                  |

Obs: os permeadores são tubos de alta pressão confeccionados em plástico reforçado com fibra de vidro, internamente montados com membranas de osmose reversa (3 membranas em cada permeador) e com vazão máxima por permeador de 3,6 m<sup>3</sup>/h

### A.2.3 – INSTRUMENTAÇÃO

Tabela A.8: Manômetros

| Manômetro | Função   |
|-----------|--|
| M – 1     | Verificar a pressão da alimentação da bateria de filtros de cartucho (5 micra) |
| M – 2     | Verificar a pressão de saída da bateria de filtros de cartucho (5 micra)       |
| M – 3     | Verificar a pressão de alimentação dos permeadores                             |
| M – 4     | Verificar a pressão de saída dos permeadores (concentrado)                     |

Tabela A.9: Medidores de vazão

| Manômetro | Função                            |
|-----------|-----------------------------------|
| Q1        | Medir a vazão da água concentrada |
| Q2        | Medir a vazão da água potável     |

Tabela A.10: Pressostato

| Pressão de acionamento (kg/cm <sup>2</sup> ) | Função   |
|--|--|
| 1,0  | Controlar a pressão de alimentação da bomba de alta pressão e enviar sinal elétrico para o desligamento da bomba de alta pressão |

**ANEXO B: CISTERNAS MONITORADAS EM  
POÇO REDONDO-SE**  
(Figuras B.1 a B.20)



Figura B.1: Areias



Figura B.2: Assentamento  
Cajueiro



Figura B.3: Assentamento  
Maria Bonita



Figura B.4: Assentamento  
Maria Feitosa



Figura B.5: Assentamento  
Mulungu



Figura B.6: Assentamento  
Pioneira



Figura B.7: Assentamento  
São Francisco



Figura B.8: Assentamento  
São José  
de Nazaré



Figura B.9: Maranduba



Figura B.10: Pia do Boi



Figura B.11: Queimadas



Figura B.12: Rancho Velho



Figura B.13: Tanque Novo



Figura B.14: Berro Grosso



Figura B.15: Flor da Serra



Figura B.16: Assentamento Jacaré/Curituba



Figura B.17: Pé da Serra



Figura B.18: Salgadinho



Figura B.19: São José



Figura B.20: Serra da Guia

**ANEXO C: RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-  
QUÍMICOS DA ÁGUA DAS CISTERNAS  
MONITORADAS EM POÇO REDONDO-SE**  
(Figuras C.1 a C.20)

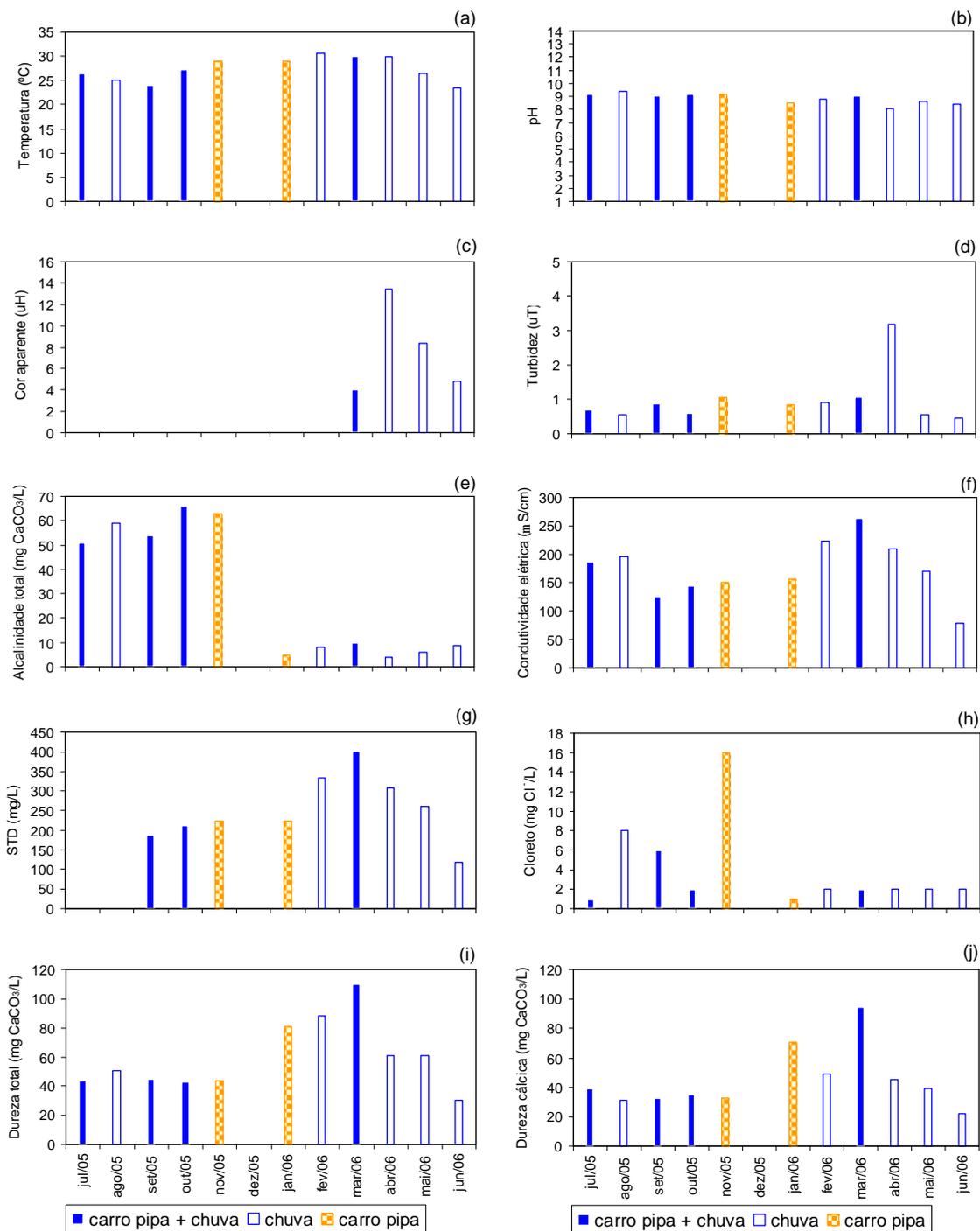


Figura C.1: Areias

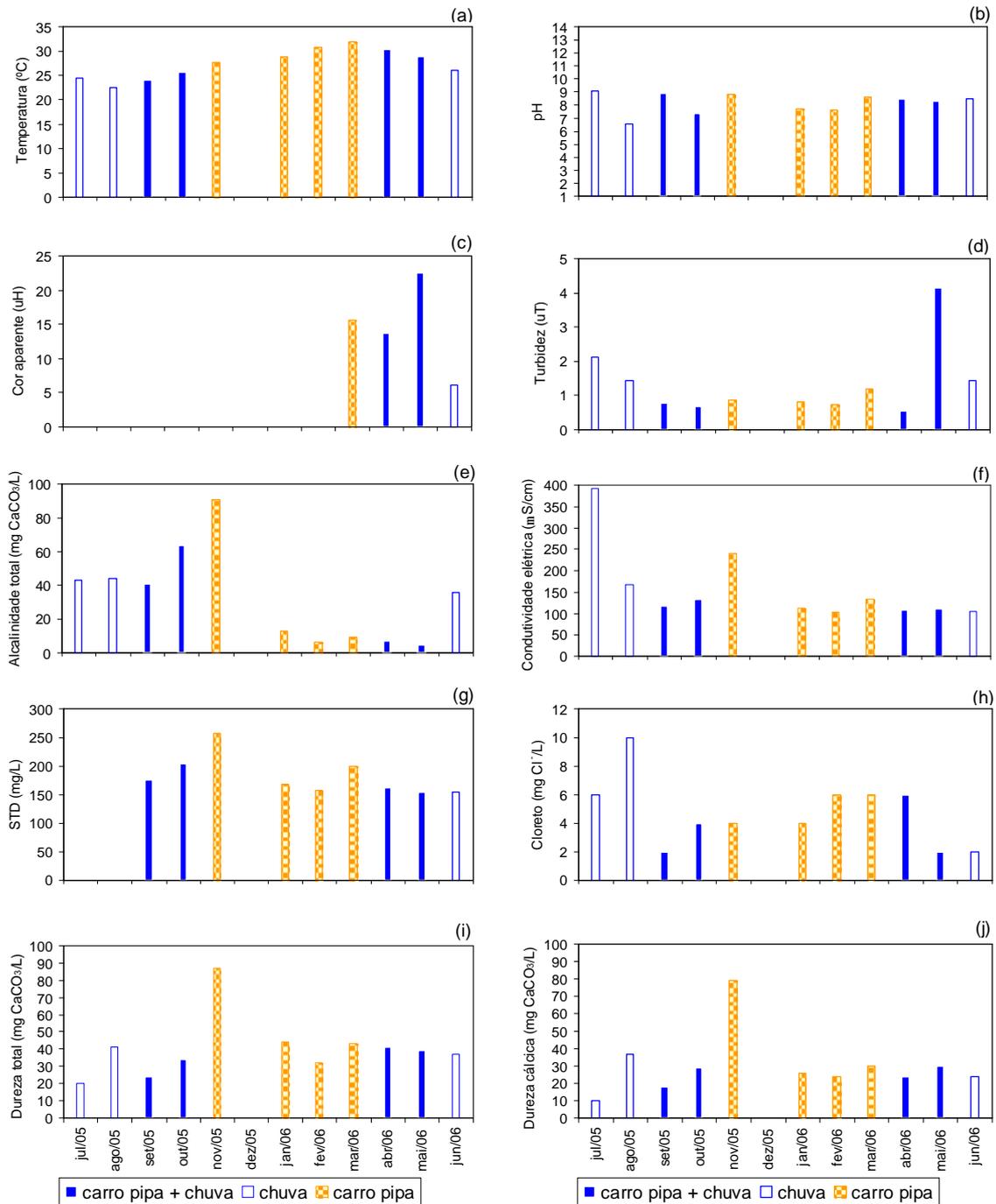


Figura C.2: Assentamento Cajueiro

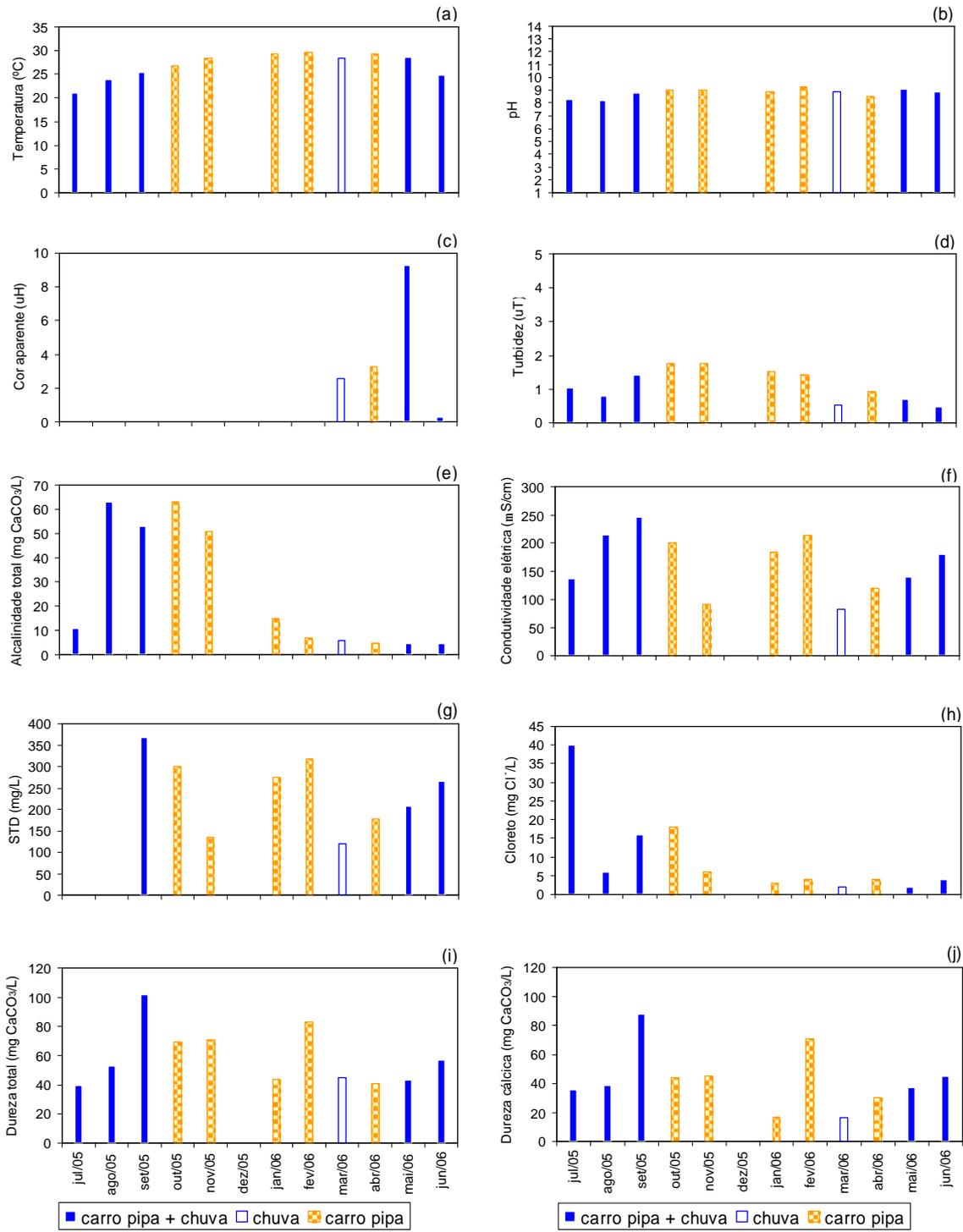


Figura C.3: Assentamento Maria Bonita

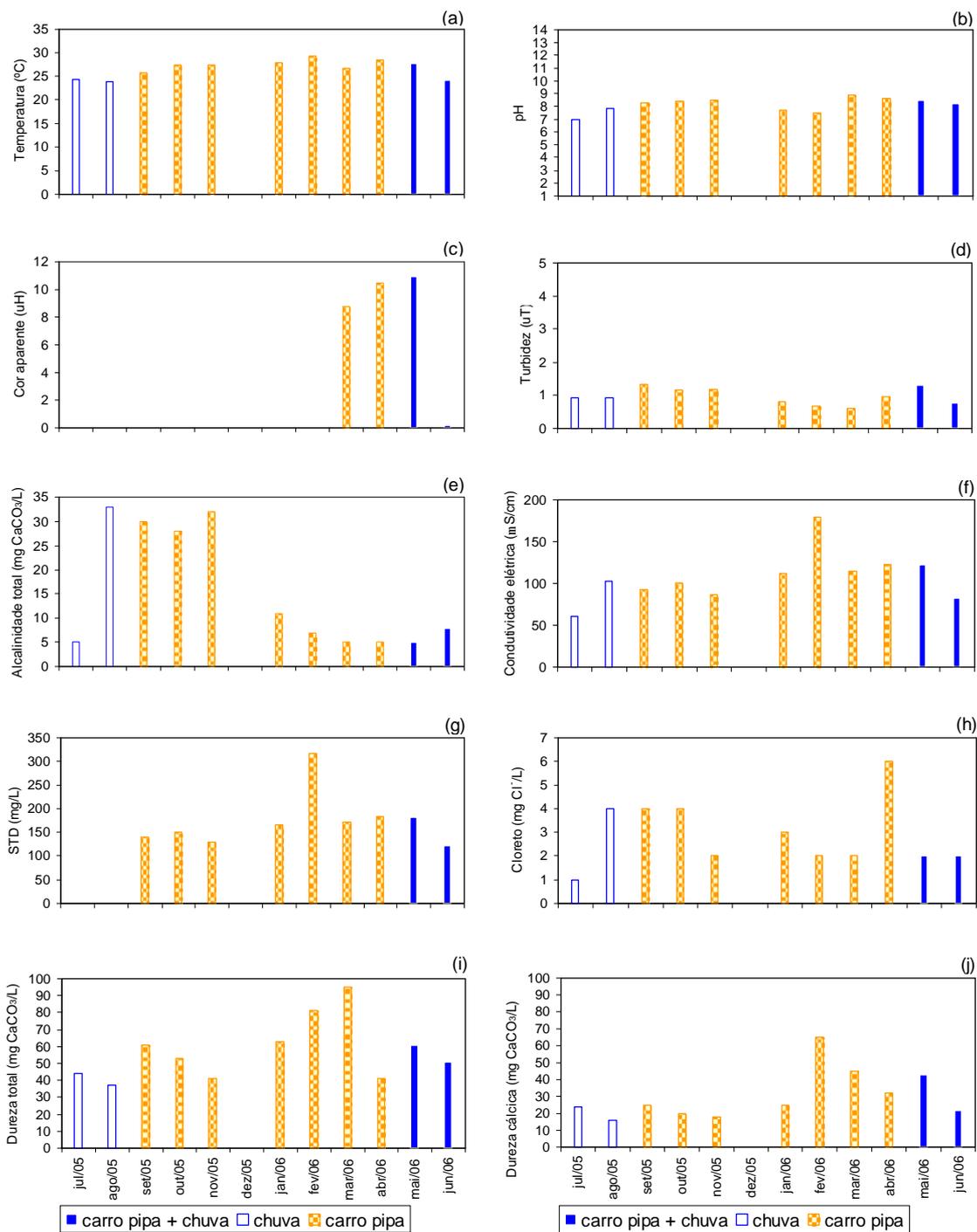


Figura C.4: Assentamento Maria Feitosa

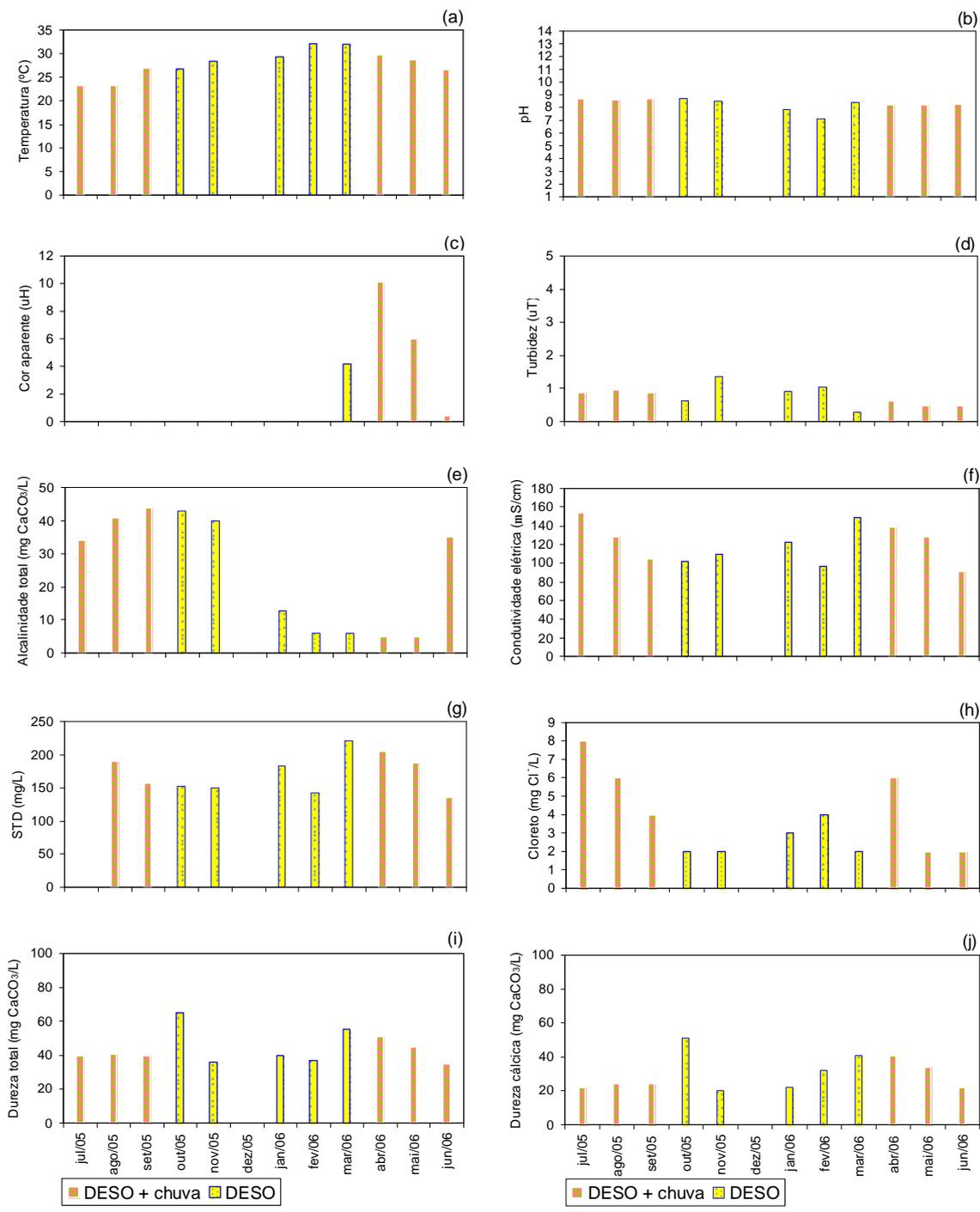


Figura C.5: Assentamento Mulungu

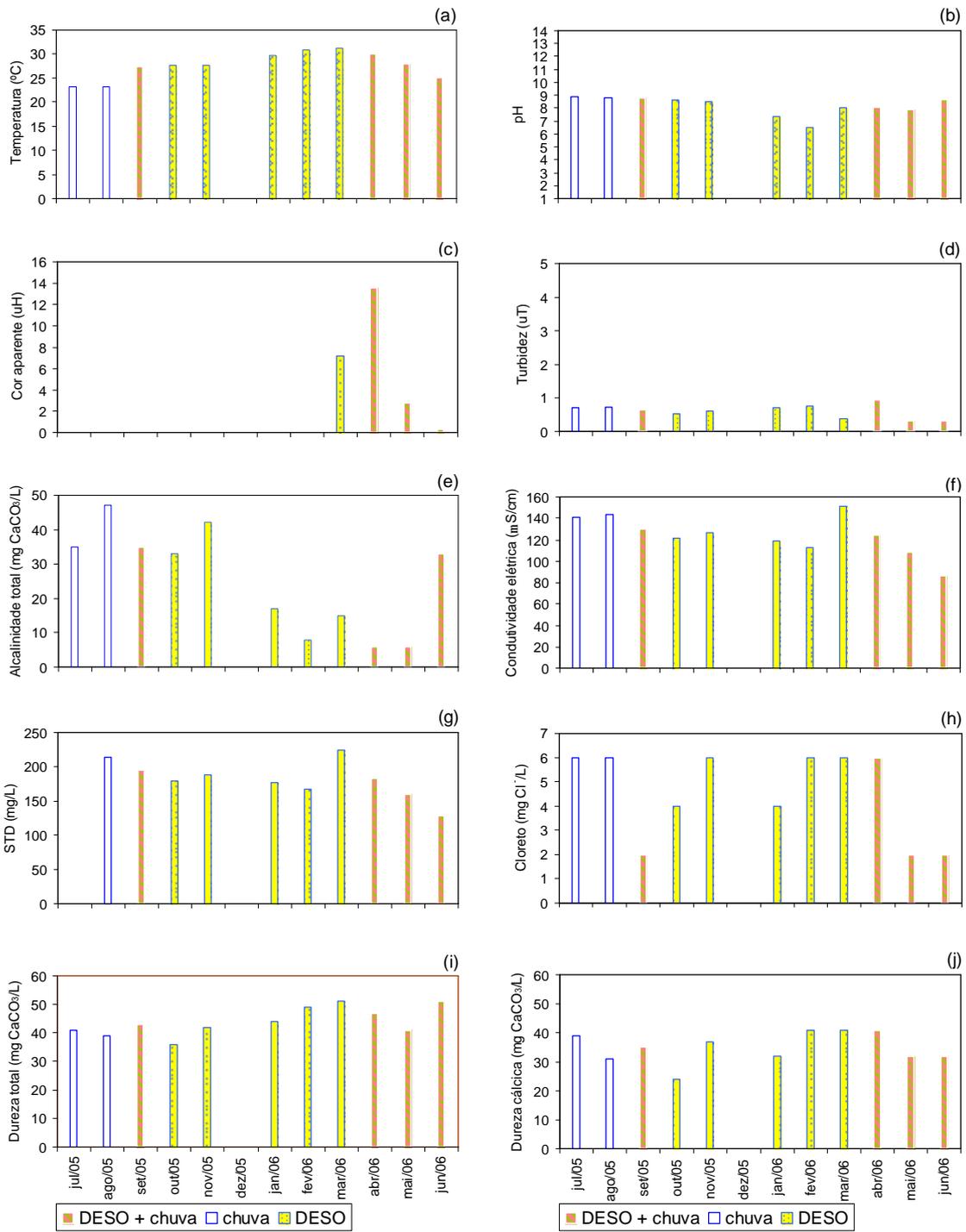


Figura C.6: Assentamento Pioneira

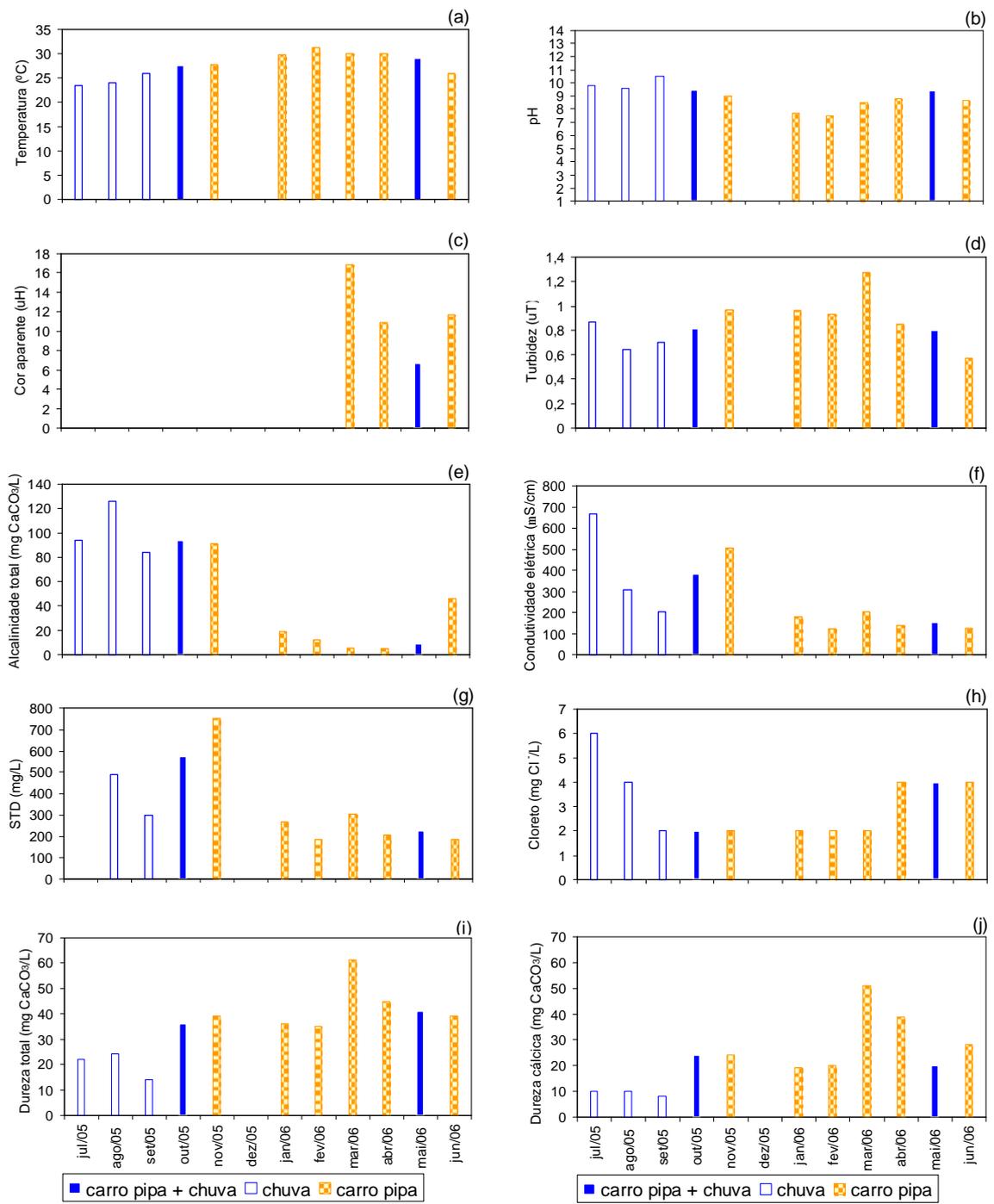


Figura C.7: Assentamento São Francisco

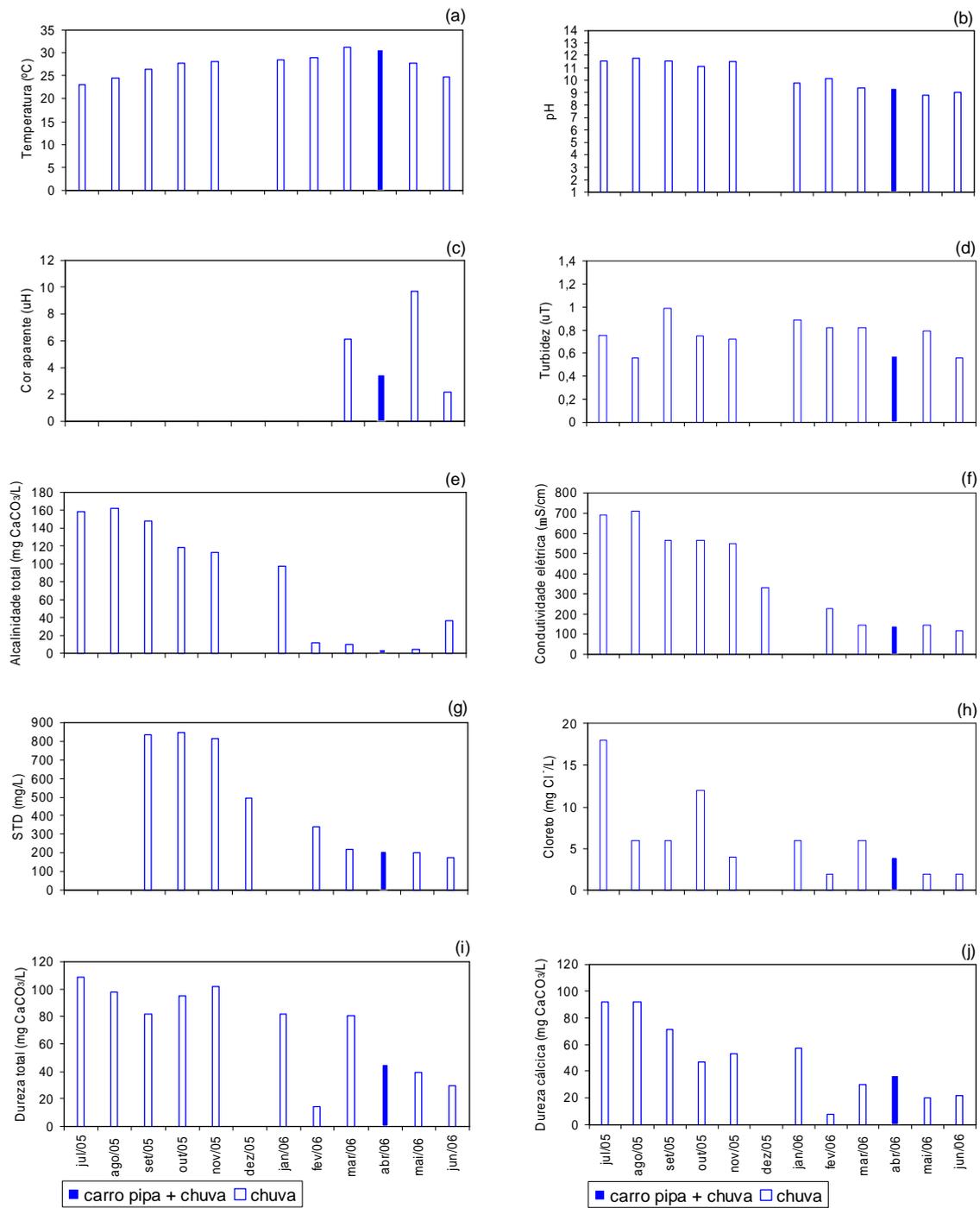


Figura C.8: Assentamento São José de Nazaré

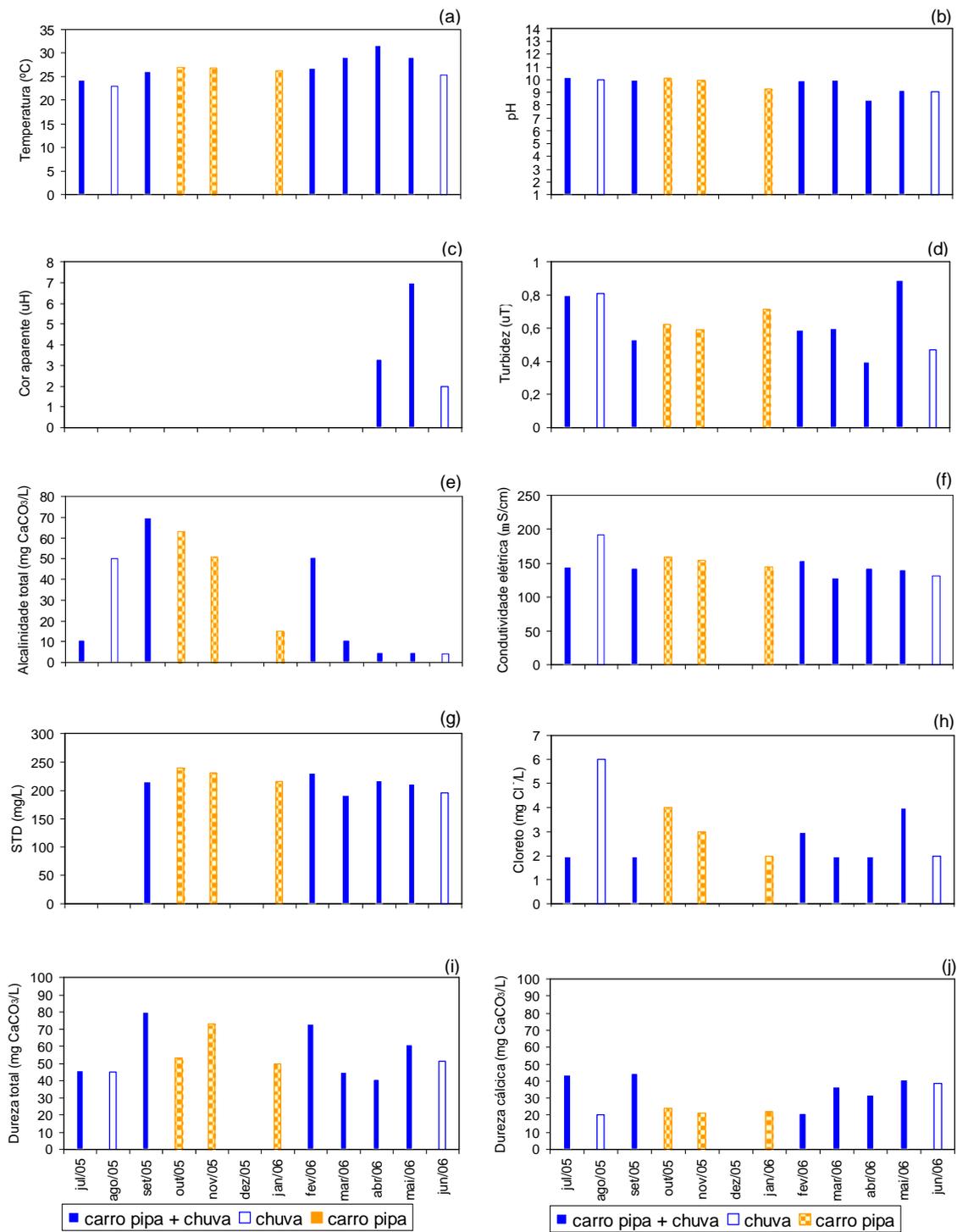


Figura C.9: Maranduba

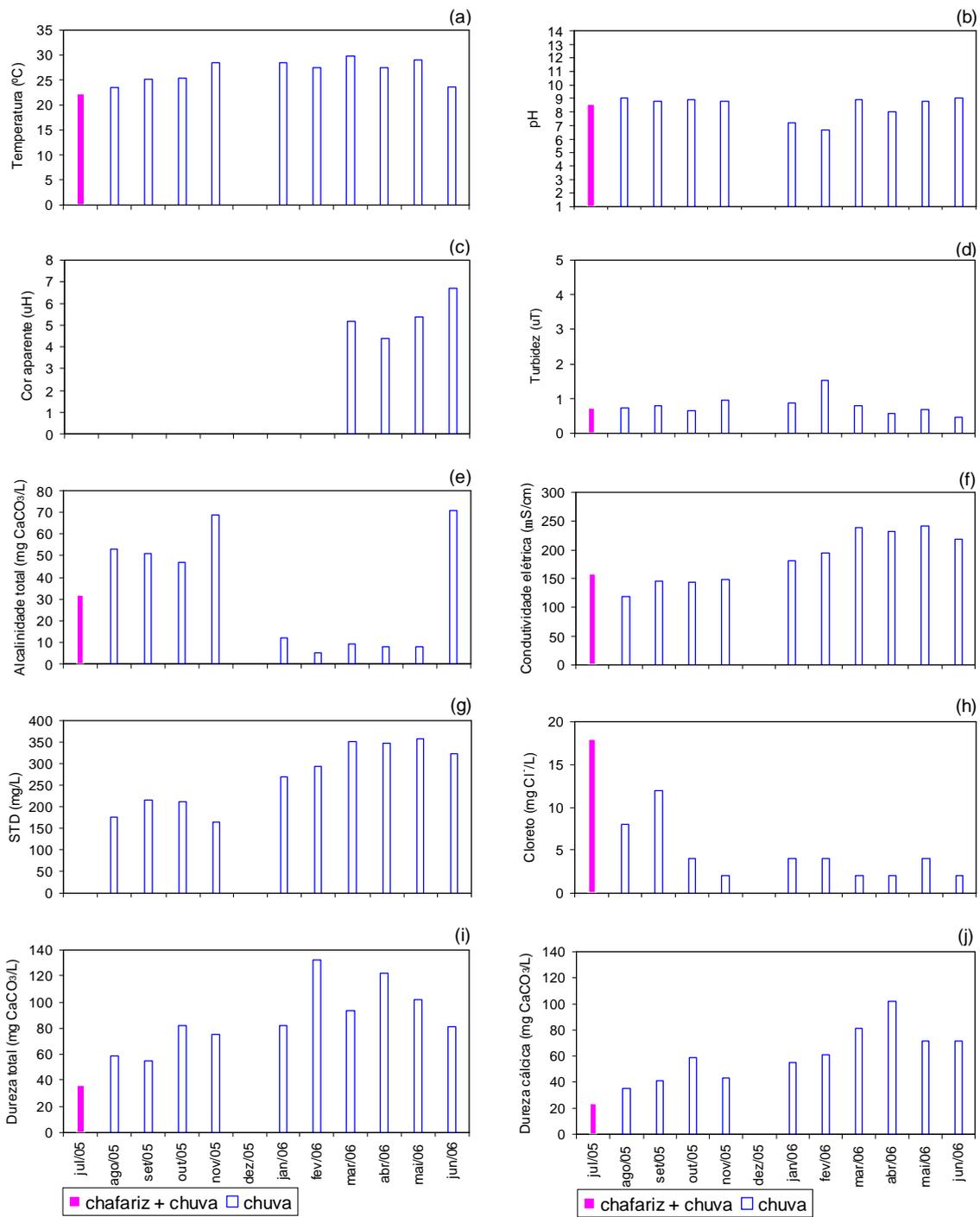


Figura C.10: Pia do Boi

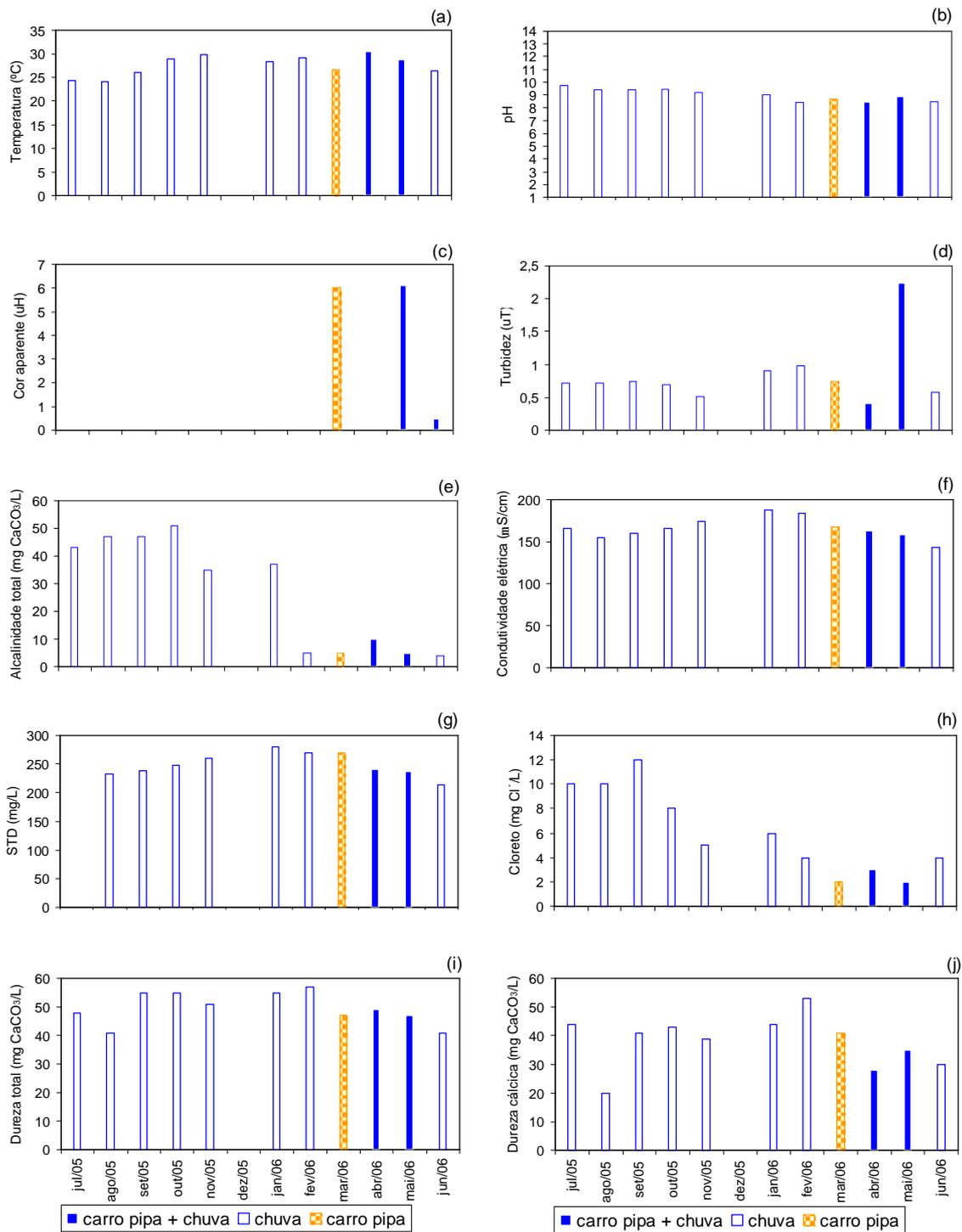


Figura C.11: Queimadas

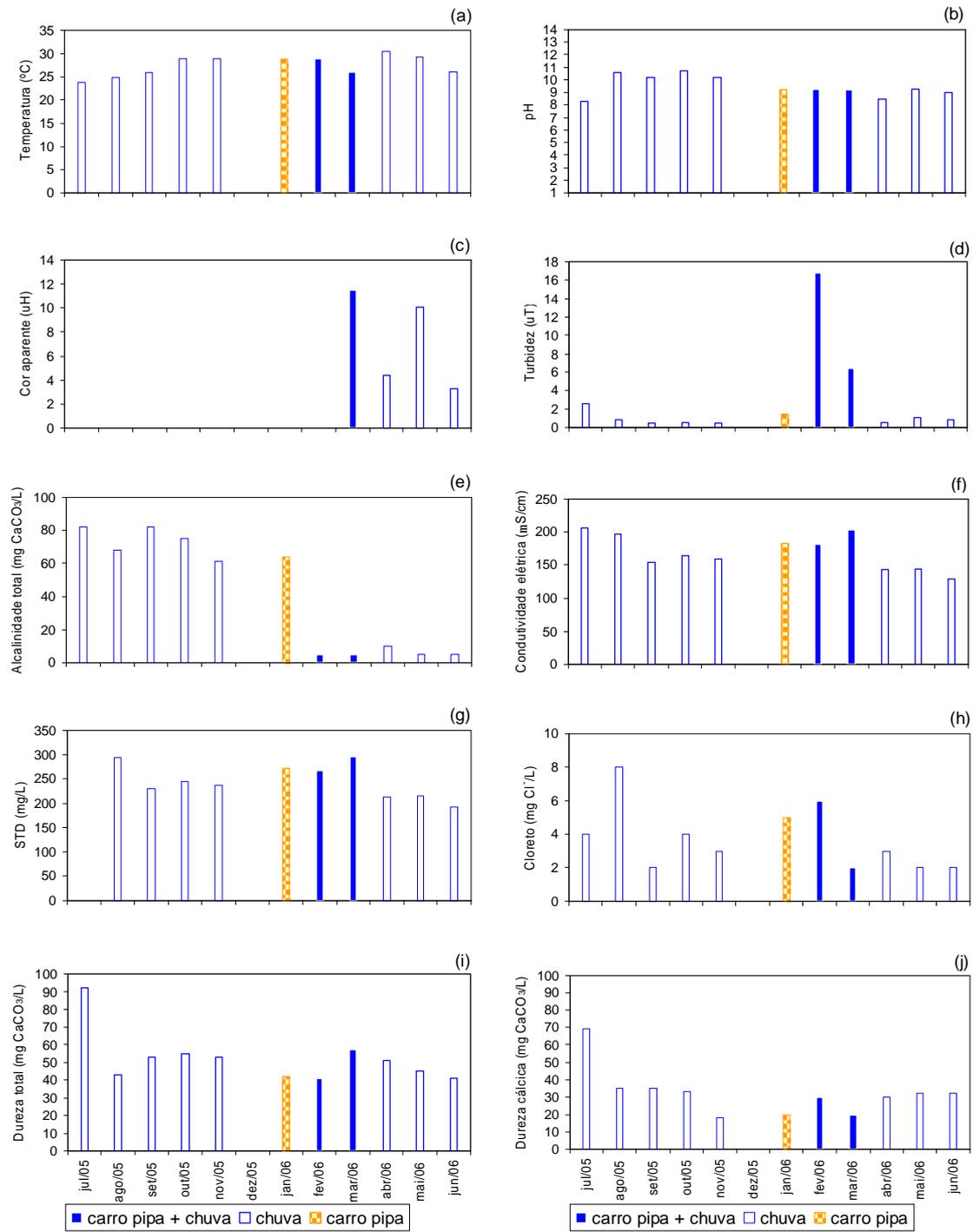


Figura C.12: Rancho Velho

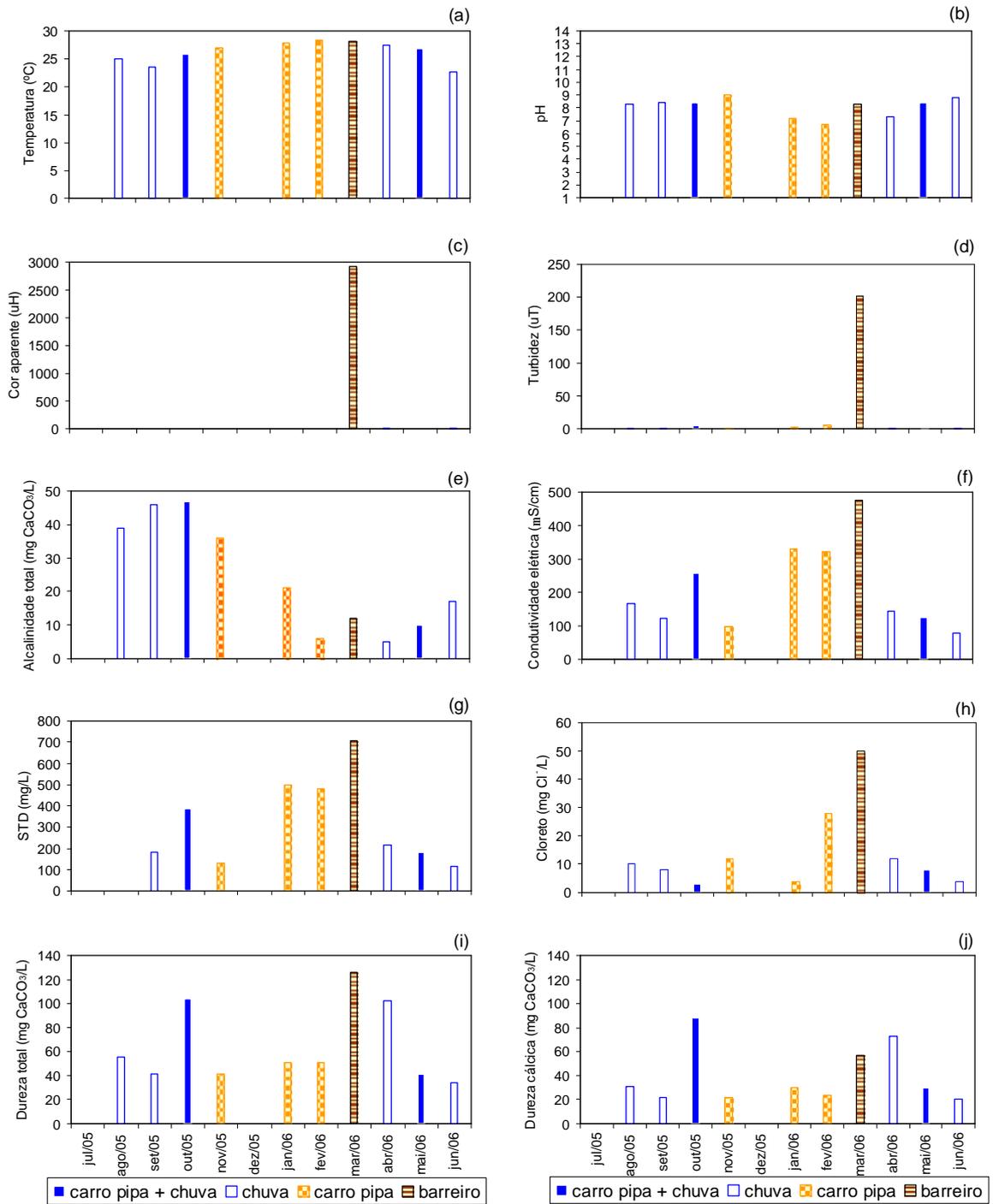


Figura C.13: Tanque Novo

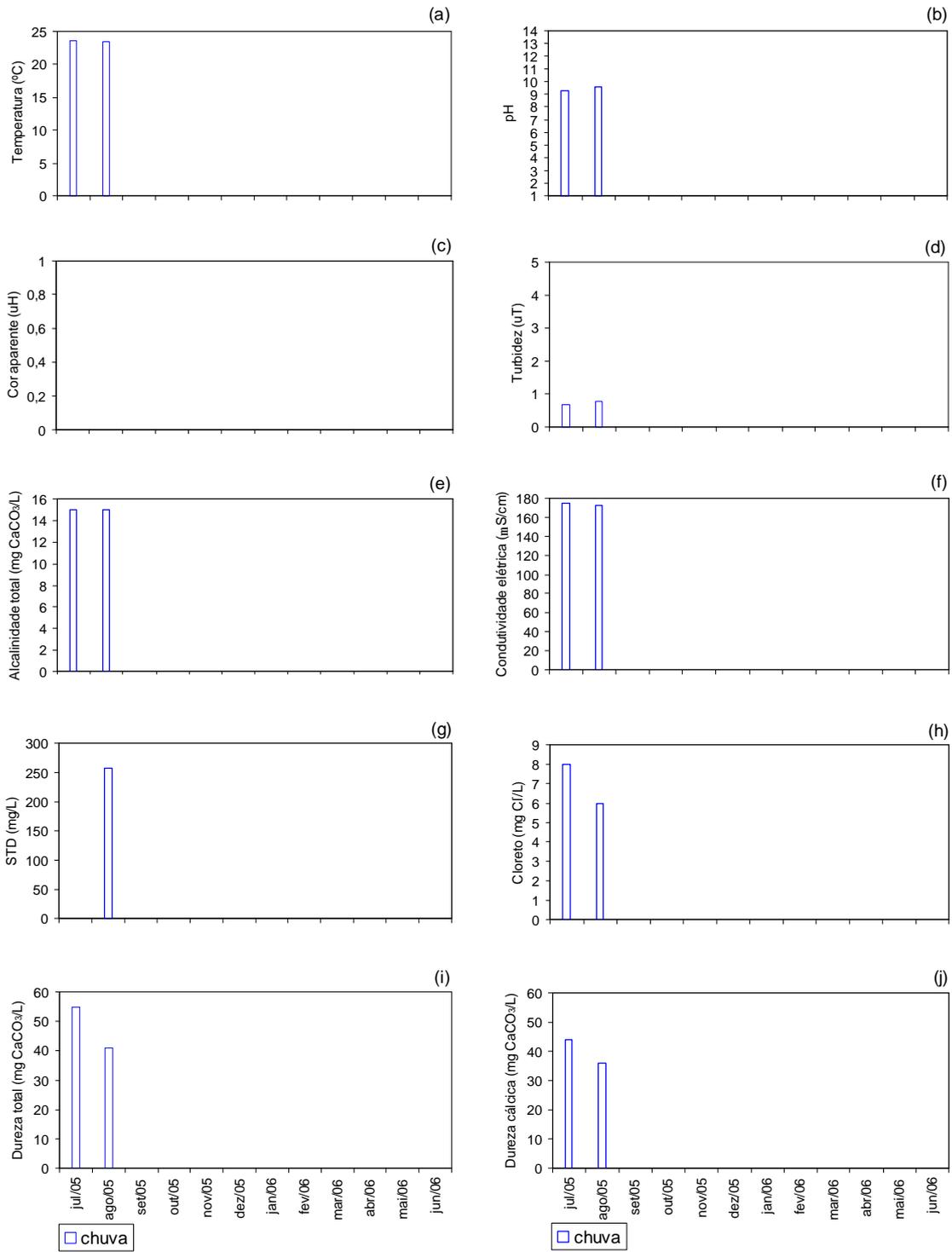


Figura C.14: Berro Grosso

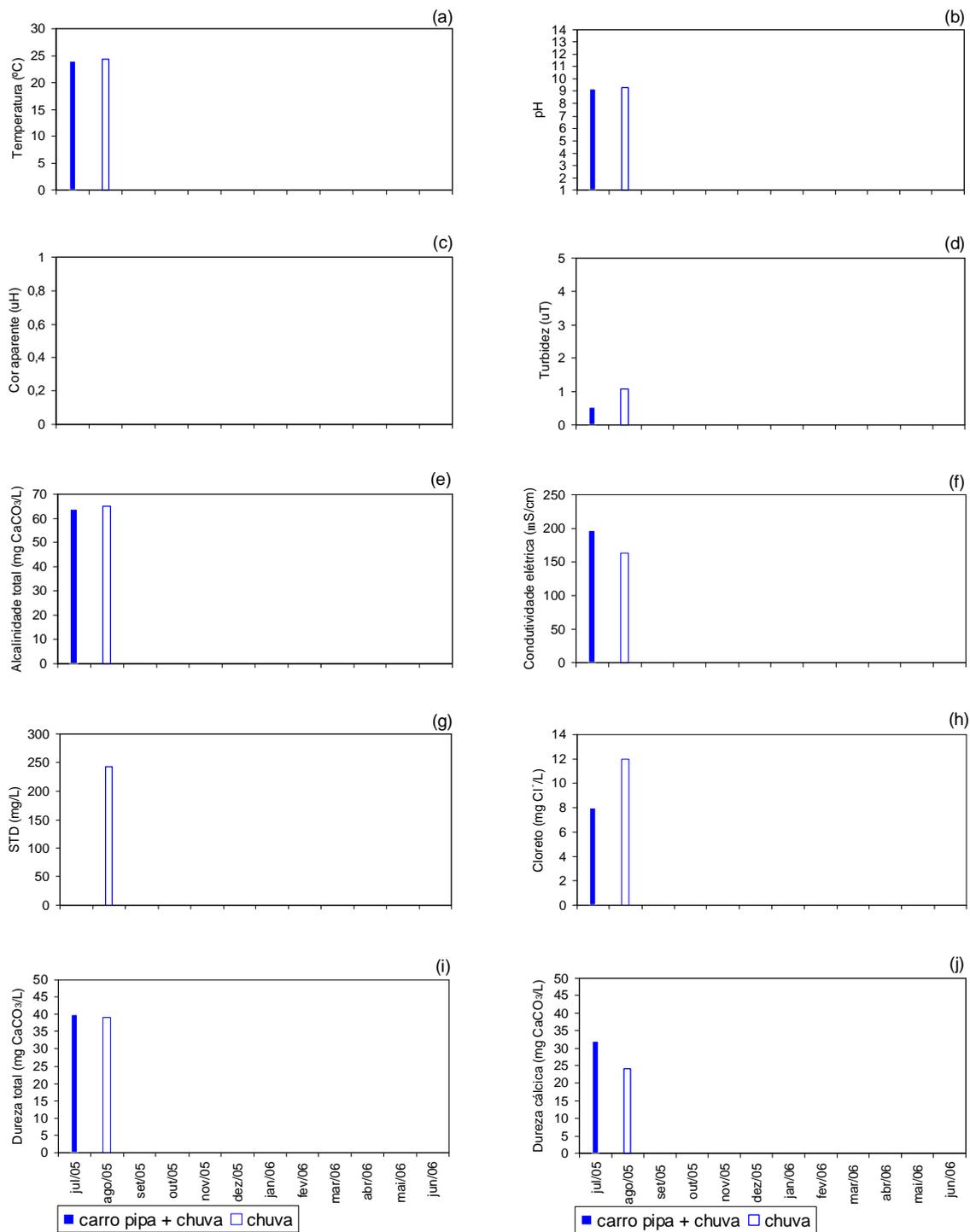


Figura C.15: Flor da Serra

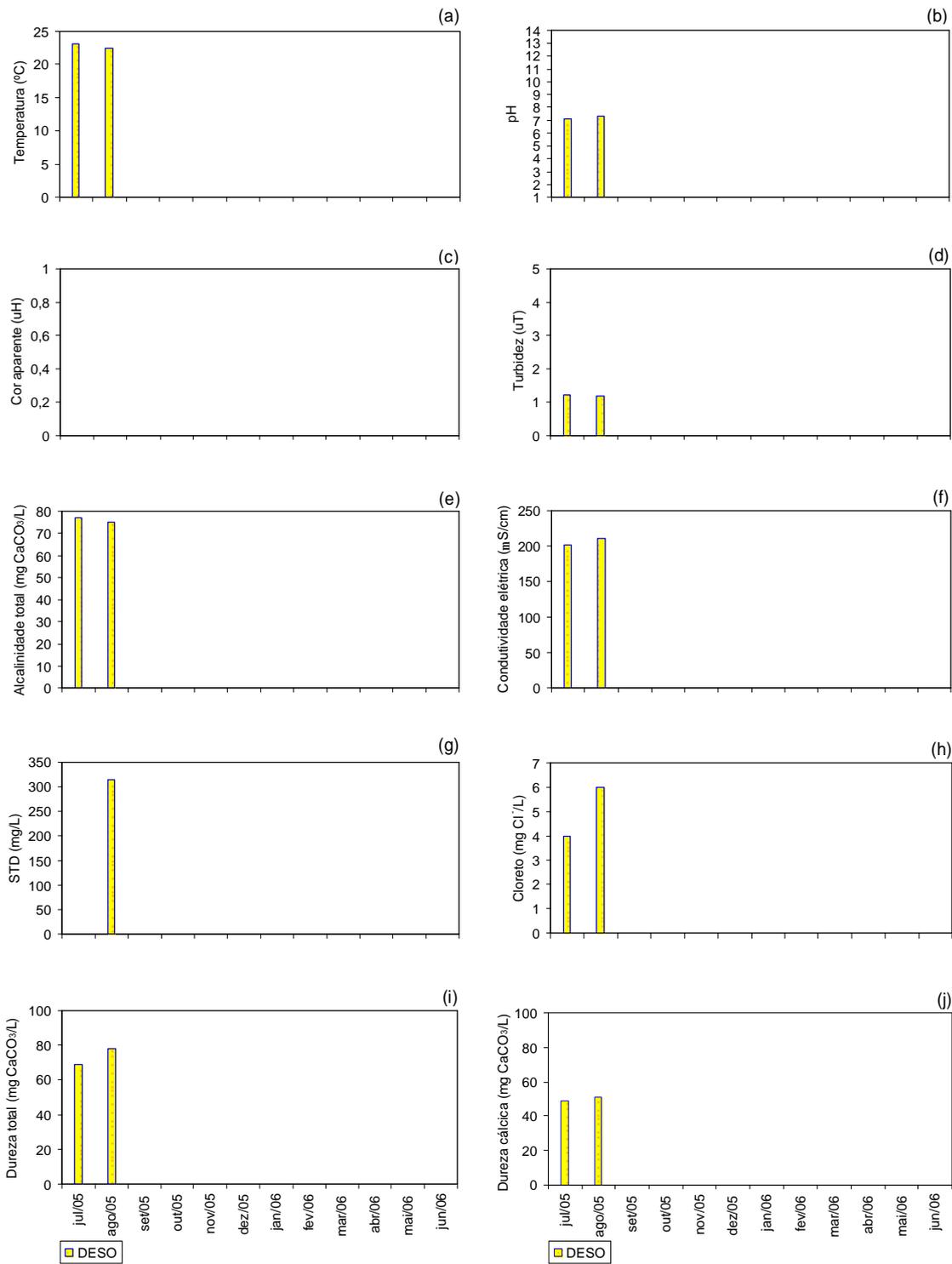


Figura C.16: Assentamento Jacaré/Curitiba

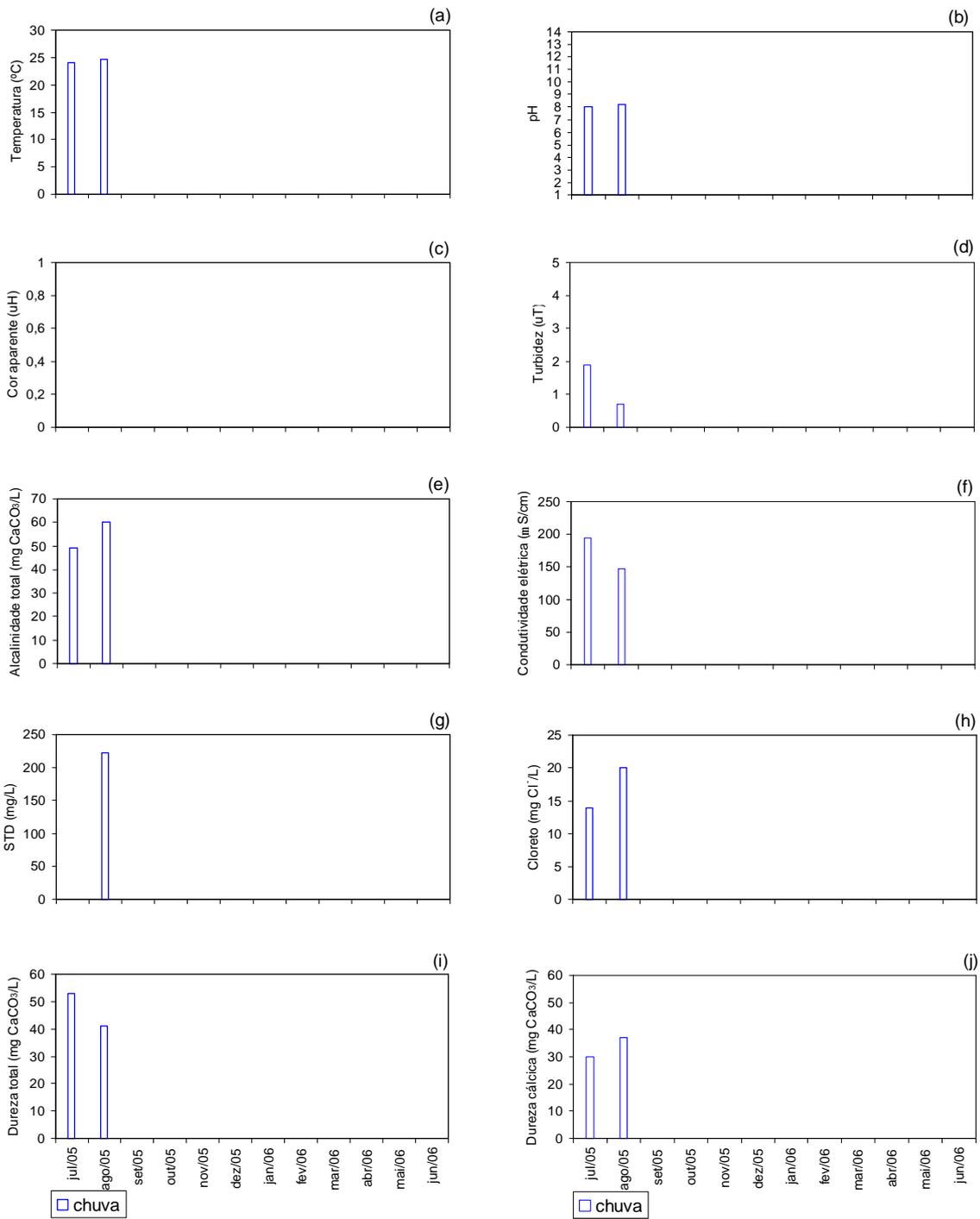


Figura C.17: Pé da Serra

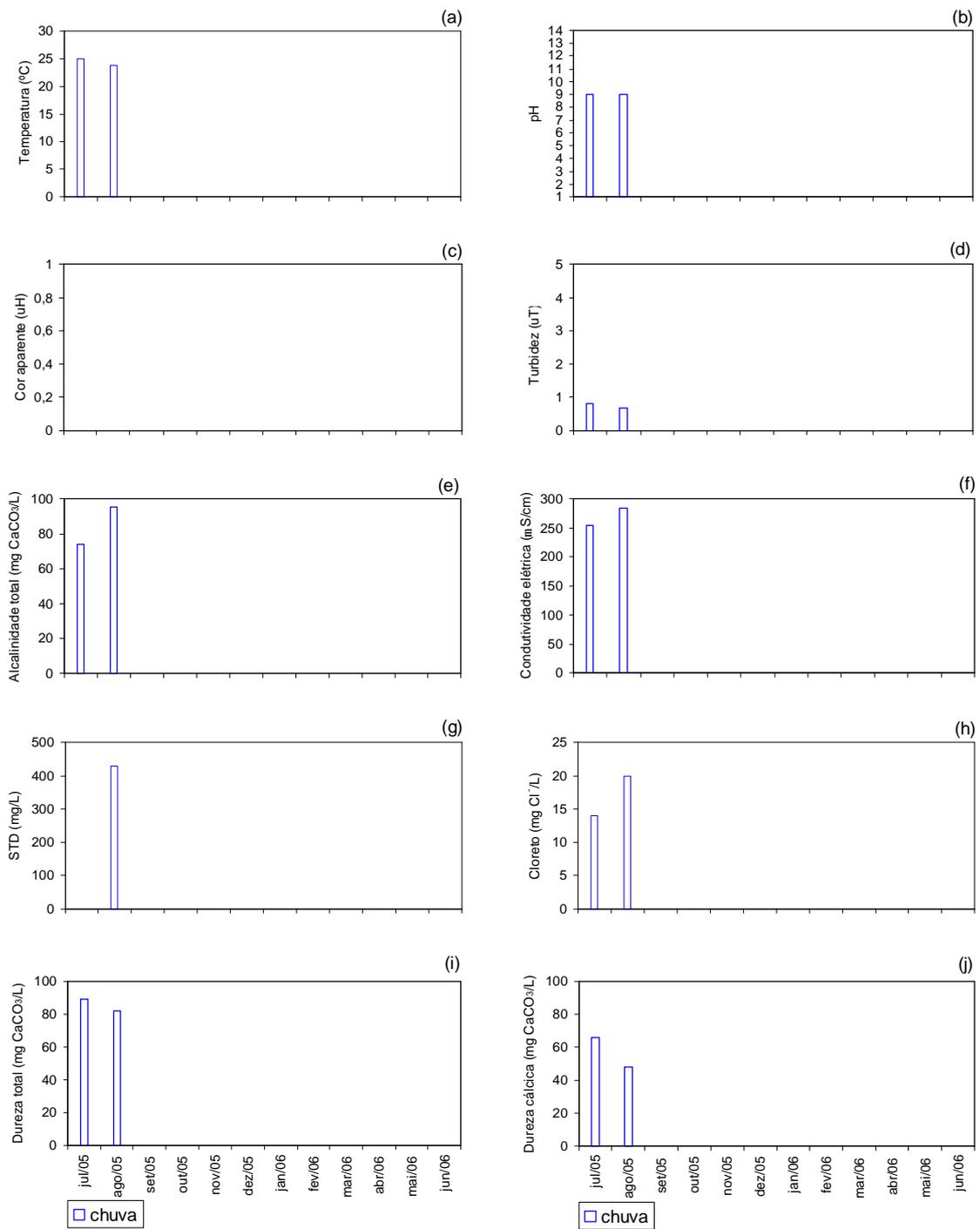


Figura C.18: Salgado

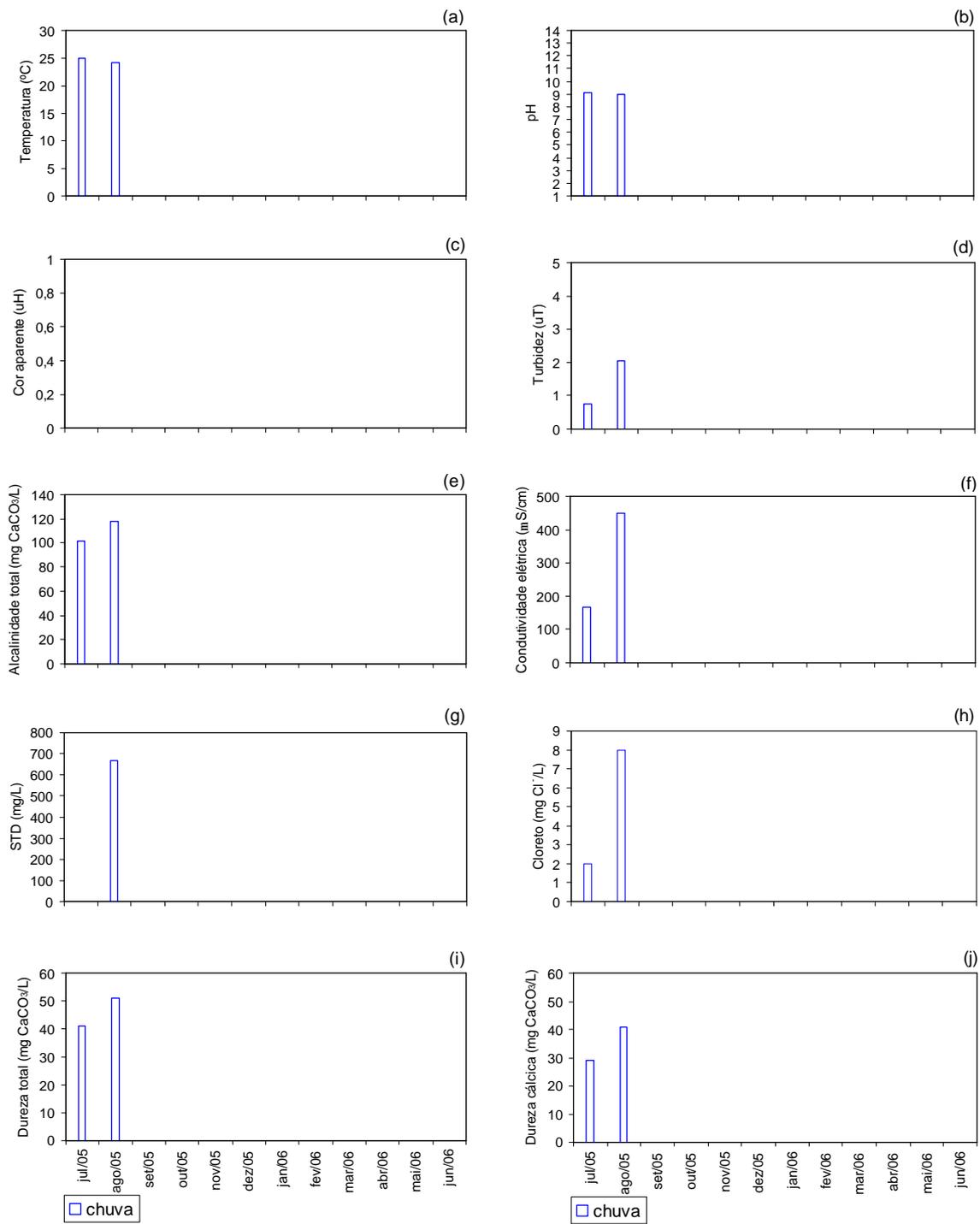


Figura C.19: São José

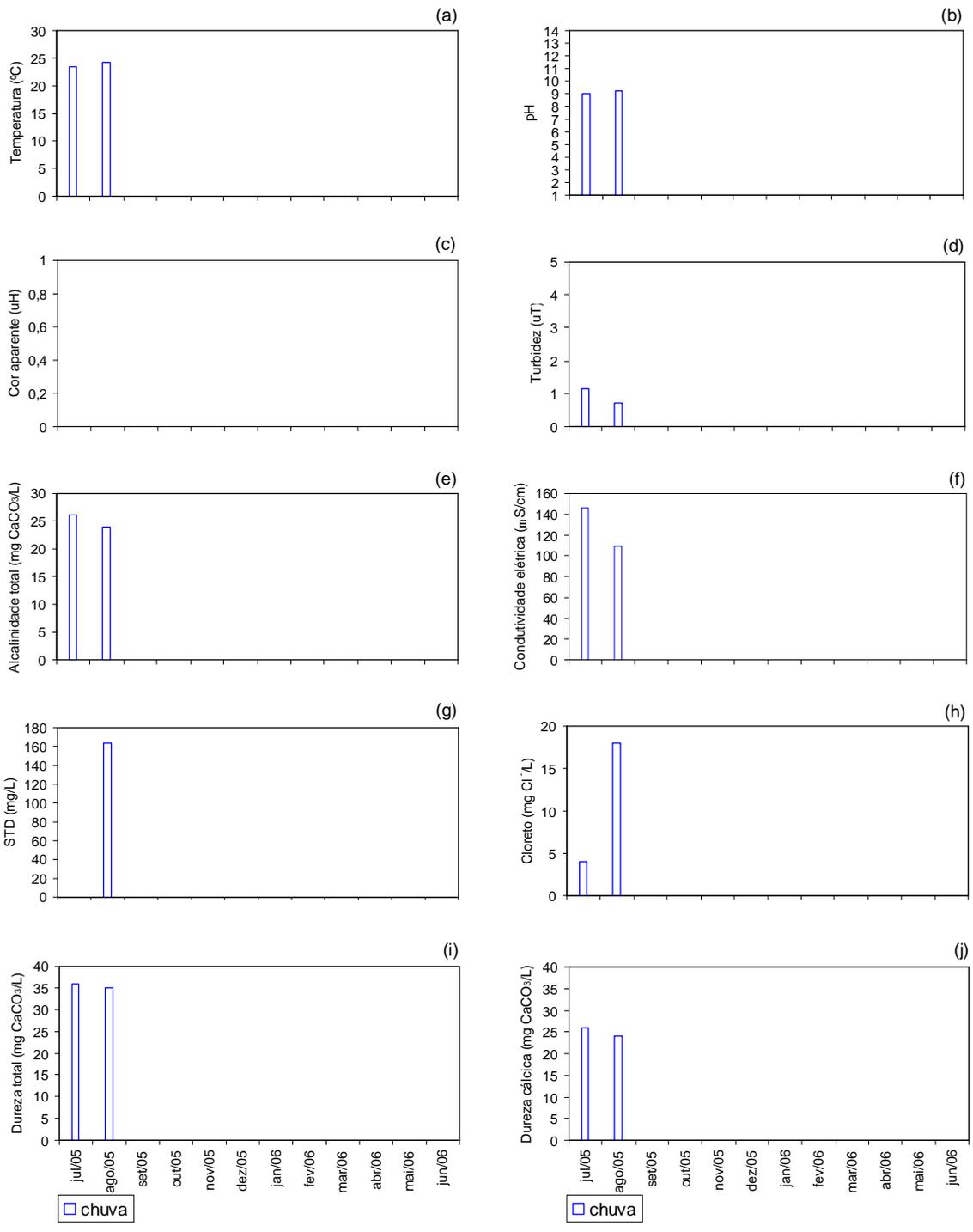


Figura C.20: Serra da Guia

**ANEXO D: BOMBA BOLA DE GUDE**



Figura D.1: Bomba bola de gude

Tabela D.1: Material necessário para a confecção da bomba bola de gude.

| Parte interna   | Parte externa  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Joelho de 90° soldável de 32 mm</li> <li>• Cap soldável</li> <li>• Tubo de 32 mm com 15 cm</li> <li>• Tubo de 32 mm com 25 cm</li> <li>• Tubo de 32 mm com 10 cm</li> <li>• Tubo de 30 mm com 2,40 m</li> <li>• Tubo de 32 mm com 5 cm com pino de travamento</li> <li>• T soldável de 32 mm</li> <li>• Luva soldável 25 por 32 mm mista</li> <li>• Luva soldável com rosca 25 por 32 mm mista</li> <li>• 2 bolas de gude</li> <li>• 1 anel de sola</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bucha de redução soldável curta de 50 por 40 mm</li> <li>• Adaptador (frange) de 50 por 1 1/2" com rosca interna</li> <li>• Tubo de 50 mm com 2,25 m</li> <li>• Tubo de 32 mm com 5 cm com pino de travamento</li> <li>• Tubo de 50 mm com 150 mm com furo</li> <li>• Luva de 50 por 1 1/2 mista</li> <li>• Luva de redução soldável 50 por 32 mm</li> <li>• Luva soldável com rosca 25 cm por 32 mm</li> </ul> |

**ANEXO E: CLORADOR DA EMBRAPA**

## E.1 – CARACTERÍSTICAS DO CLORADOR DA EMBRAPA

Simple, barato, eficiente e pode ser montado pelo próprio usuário. Sua finalidade é clorar a água em propriedades rurais.



Figura E.1: Cloração de água do reservatório

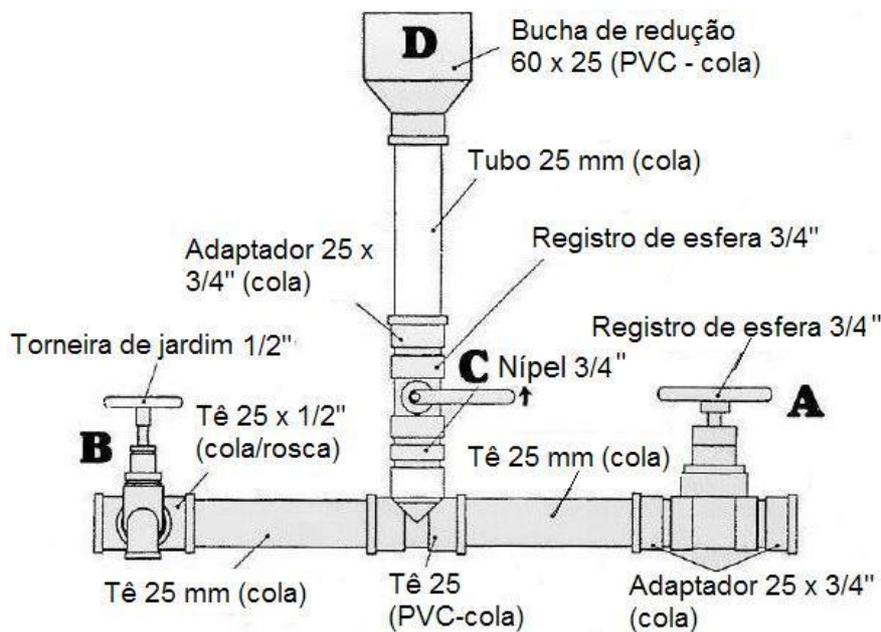


Figura E.2: Esquema de montagem do clorador da EMBRAPA

## E.2 – COMO PROCEDER PARA CLORAR A ÁGUA A SER CONSUMIDA

1 – Fechar o registro (A) da entrada de água para o reservatório

2 – Abrir a torneira (B) para aliviar a pressão da tubulação. Quando a água parar de escorrer, tornar a fechá-la

3 – Preparar a solução de cloro da seguinte forma: em  $\frac{1}{2}$  copo de água, colocar uma colher rasa de café de cloro granulado (adquirido no comércio especializado em venda de produtos para piscina) e misturar bem, até diluir o cloro. Esta quantidade é suficiente para um reservatório com capacidade de 500 L de água.

4 – Após isso, abrir o registro (C) e entornar lentamente a solução no receptor de cloro (D), procurando evitar o borbulhamento da solução, que pode causar acidente, caso atinja os olhos

5 – Após esta operação, lavar o receptor de cloro (D) com água limpa e em seguida fechá-lo.

6 – Após isso, fechar o registro do clorador (C) e abrir o registro da entrada de água. Assim que o cloro atingir o reservatório a água estará clorada. Uma hora depois estará isenta de germes. Para acelerar esse processo, basta utilizar a água da caixa, dando uma descarga no vaso sanitário.

Obs: a cloração deve ser precedida por uma filtração. Adquirindo-se um kit de dosagem de cloro, pode-se verificar se a água está corretamente clorada na dosagem ideal.

### E.3 – Material necessário para montagem do clorado da EMBRAPA



(a) Adaptador 25 x 3/4" (R\$6,25/unid.)



(b) Bucha redução 60 x 25 (R\$3,55/unid.)



(c) Registro Esfera 3/4 (R\$11,85/unid.)



(d) Nípel – 3/4 – R\$0,47/unid.)



(e) Tê 25 mm (R\$0,61/unid.)



(f) Tê 25 mm rosqueado (R\$1,48/unid.)



(g) Torneira de jardim 1/2" (R\$10,58/unid.)



(h) Tubo 25 mm (R\$1,80/m)

Figura E.3: Tubos e conexões necessários para a montagem do clorador da EMBRAPA (com a indicação de preços - Tupan Construções, Recife, 27/01/2007)

**ANEXO F:      FILTRO DE AREIA**

Tabela F.1: Eficiência da remoção do filtro de areia

| Parâmetro                  | Desempenho do filtro  |
|----------------------------|---|
| Cor                        | Redução de 30 a 100%  |
| Turbidez                   | Redução para 1 UNT  |
| Coliformes termotolerantes | Redução entre 95 e 100%                                     |
| Cercárias                  | Virtual remoção de cercárias de schistossoma, cistos e ovos |
| Vírus                      | Virtual completa remoção                                    |
| Matéria orgânica           | 60 a 75% de redução   |
| Ferro e manganês           | Muito removidos   |
| Metais pesados             | 30 a 95% de redução   |

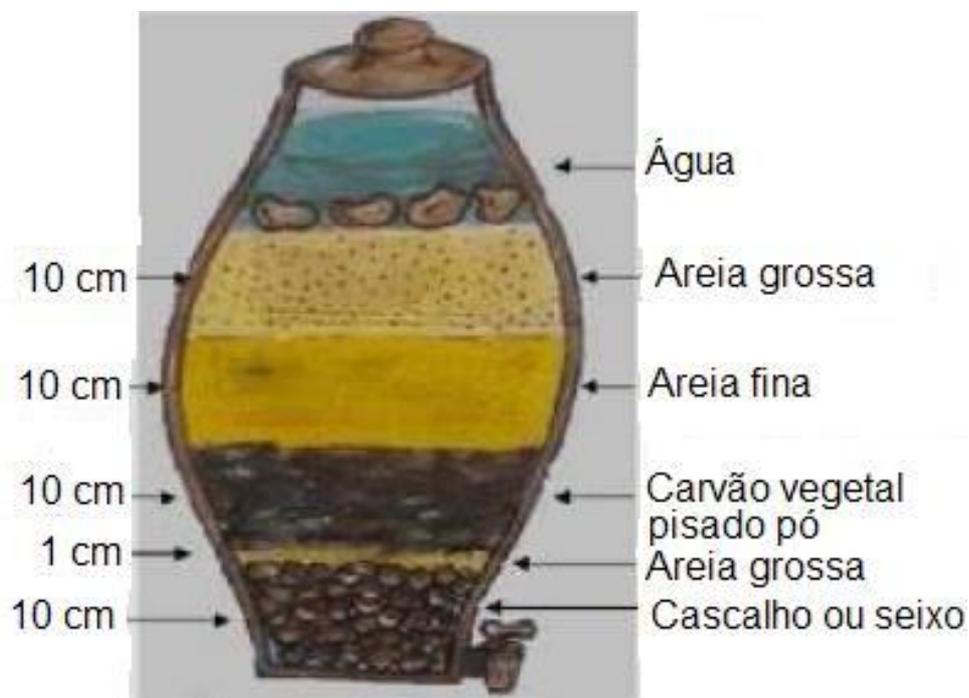


Figura F.1: Esquema do filtro de areia (PINTO; HERMES, 2006)

**ANEXO G:            BARREIROS MONITORADOS EM POÇO**  
**REDONDO-SE**  
(Figuras G.1 a G.8)



Figura G.1: Pia do Boi



Figura G.2: Rancho Velho



Figura G.3: São Sebastião



Figura G.4: Titóia



Figura G.5: Junça



Figura G.6: Maravilha



Figura G.7: Poço Preto



Figura G.8: Salitrado

**ANEXO H: RESULTADOS FÍSICO- QUÍMICOS DA ÁGUA DOS  
BARREIROS MONITORADOS EM POÇO**

**REDONDO-SE**

(Figuras H.1 a H.8)

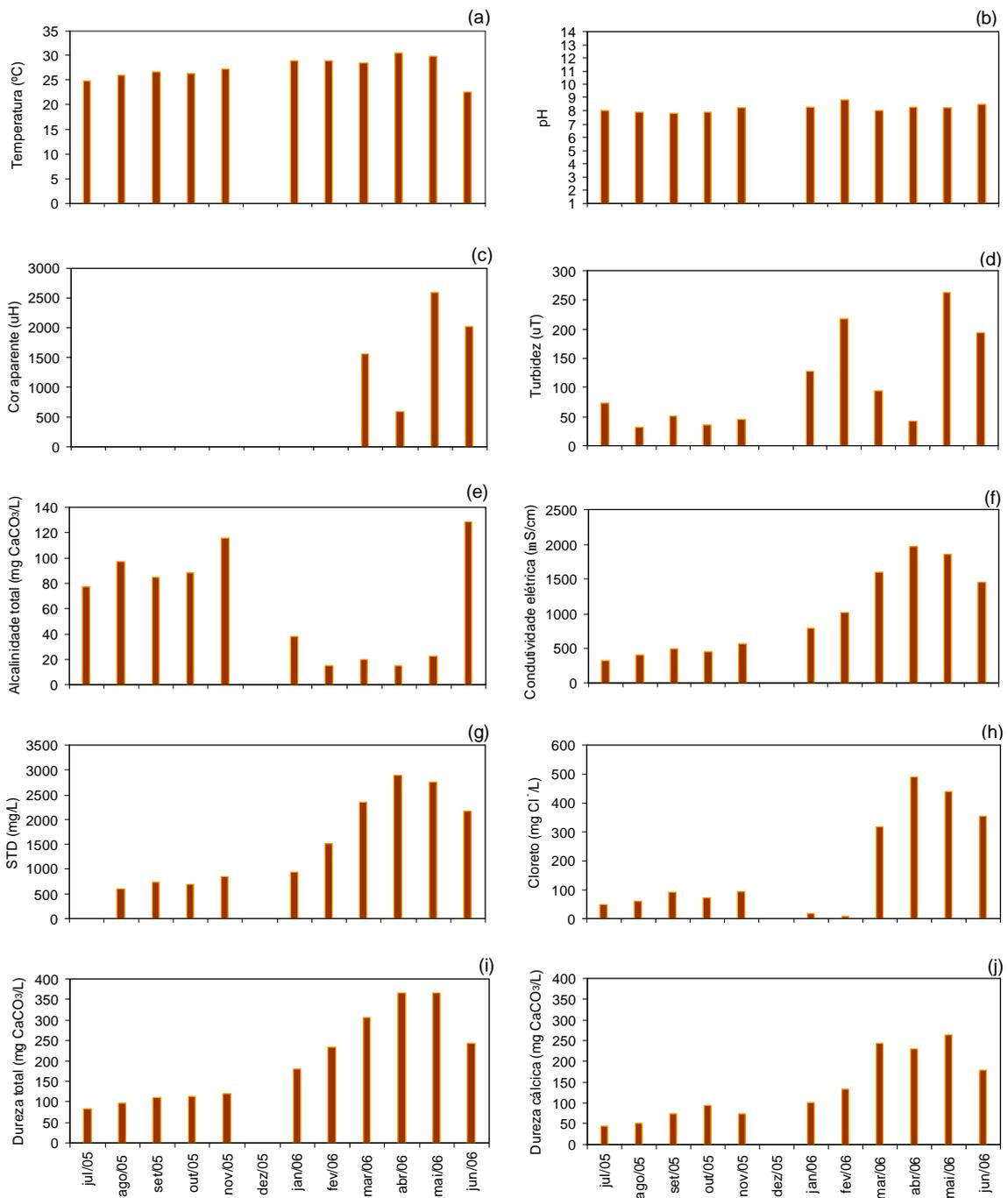


Figura H.1: Pia do Boi

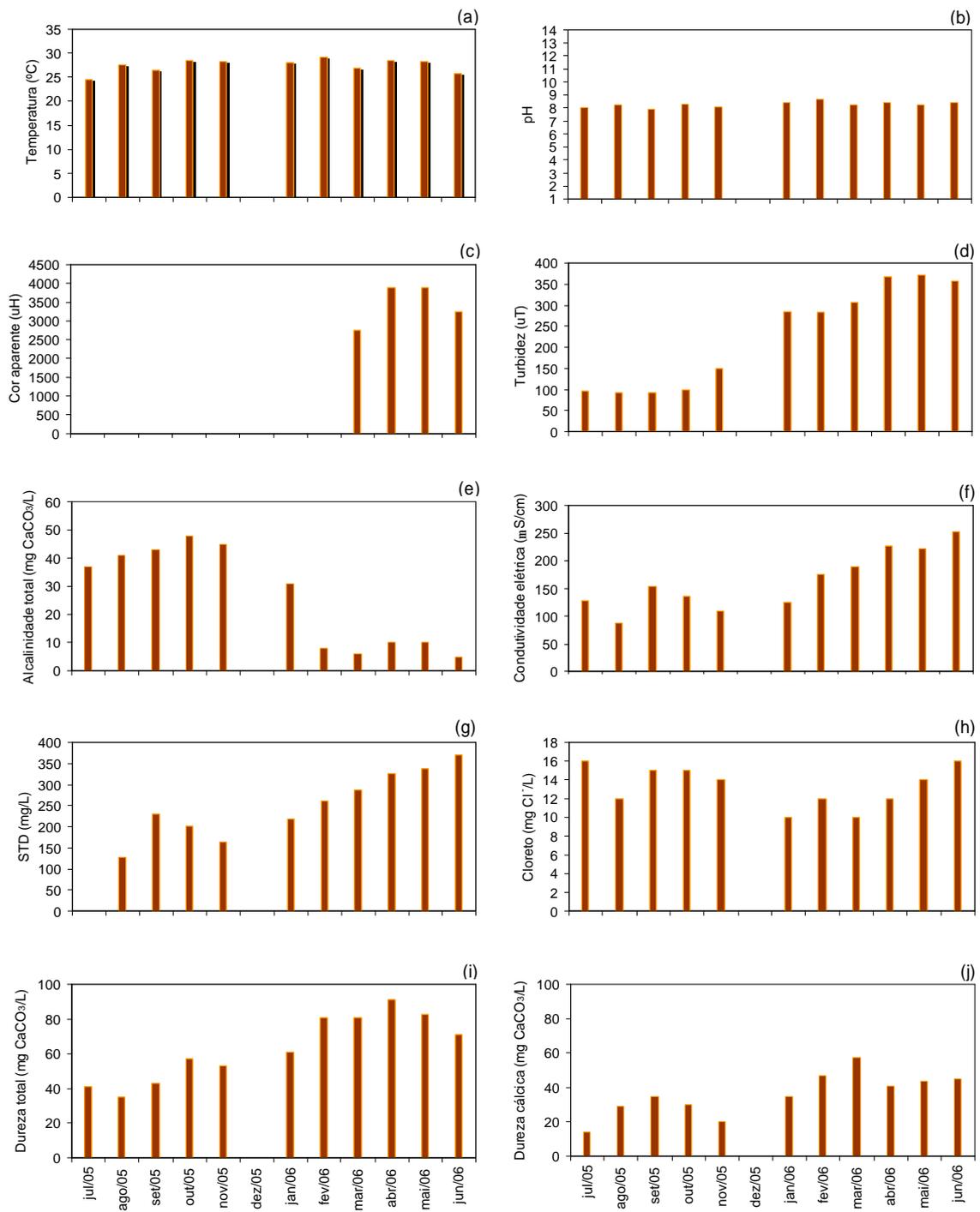


Figura H.2: Rancho Velho

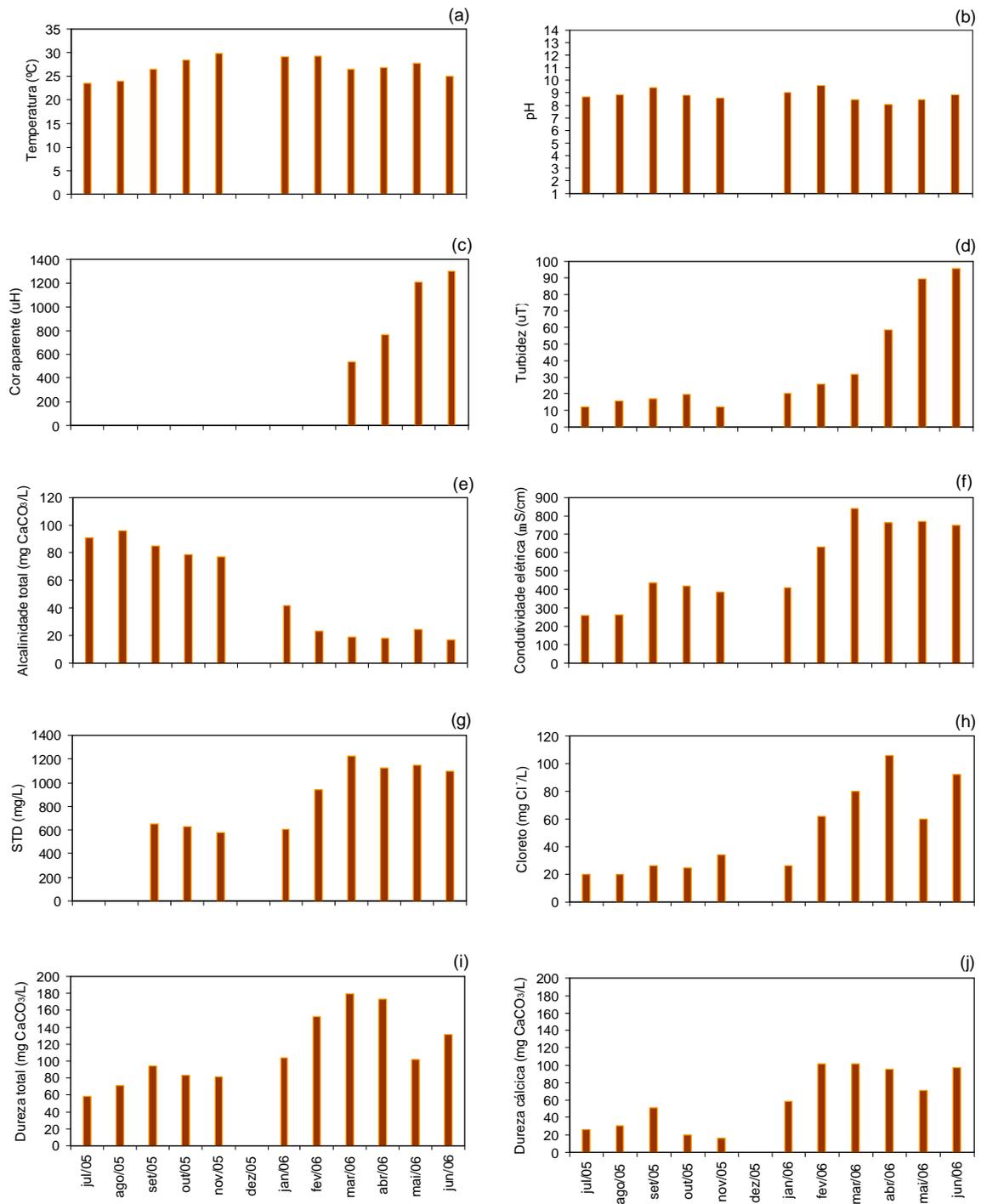


Figura H.3: São Sebastião

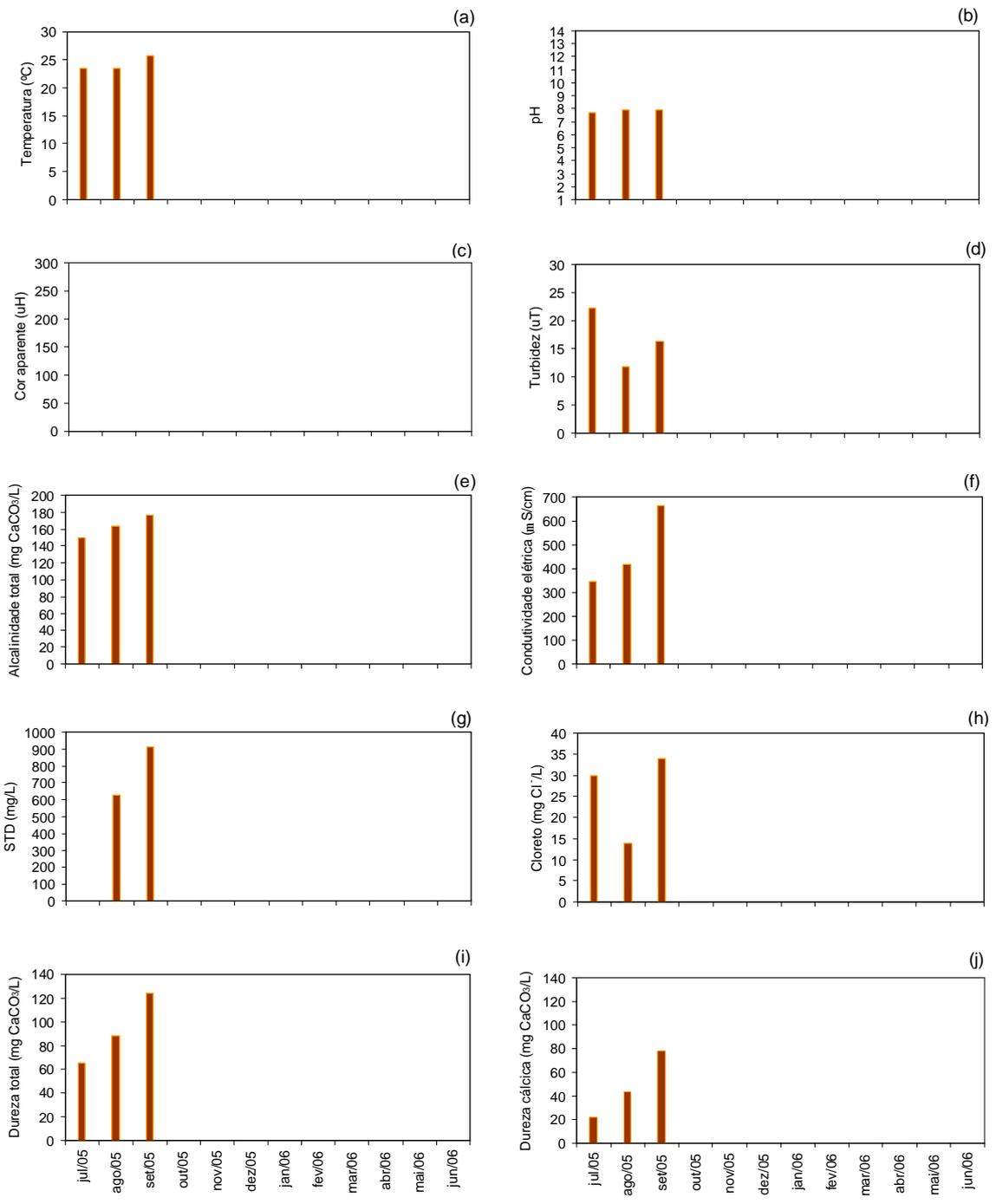


Figura H.4: Titóia

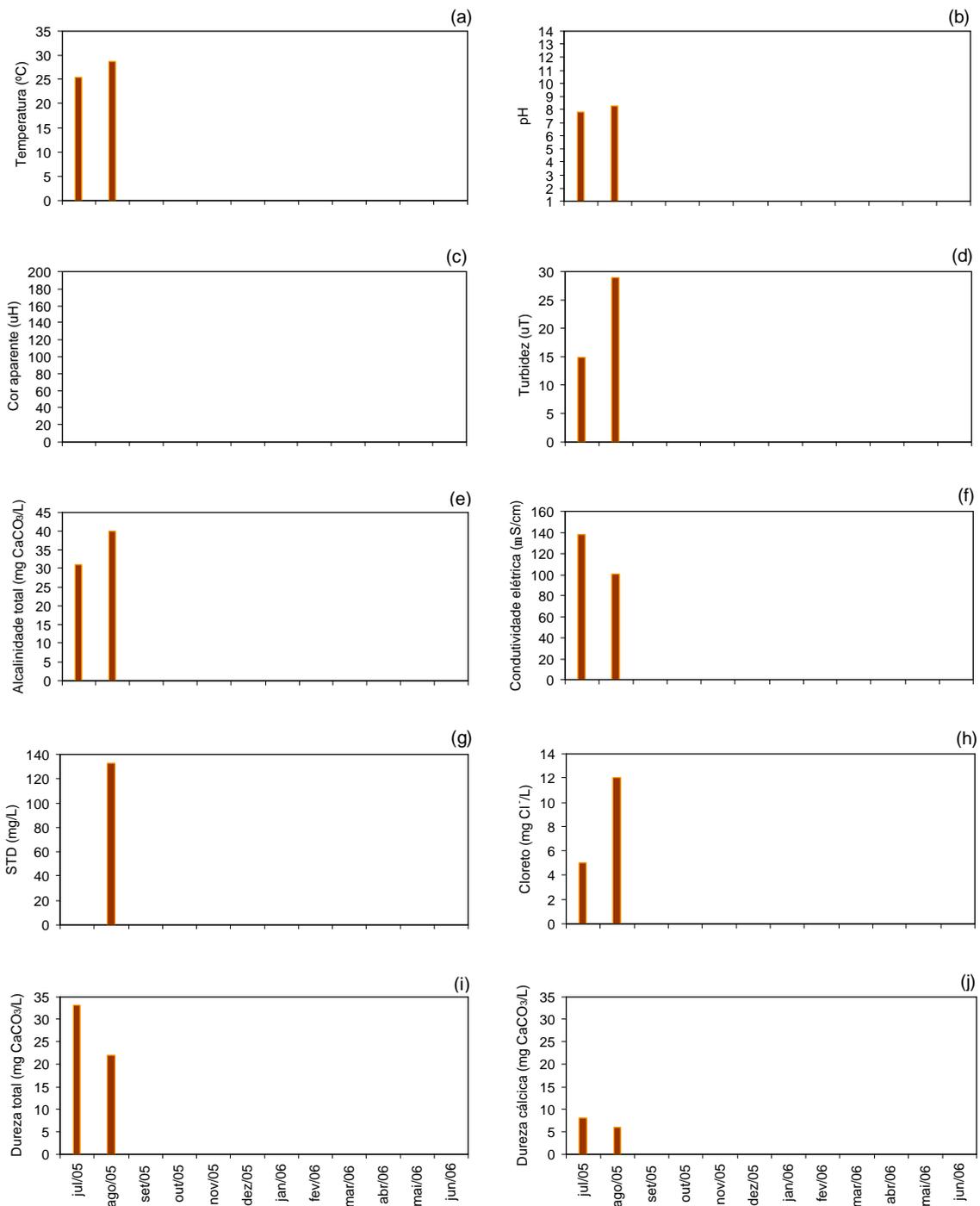


Figura H.5: Junça

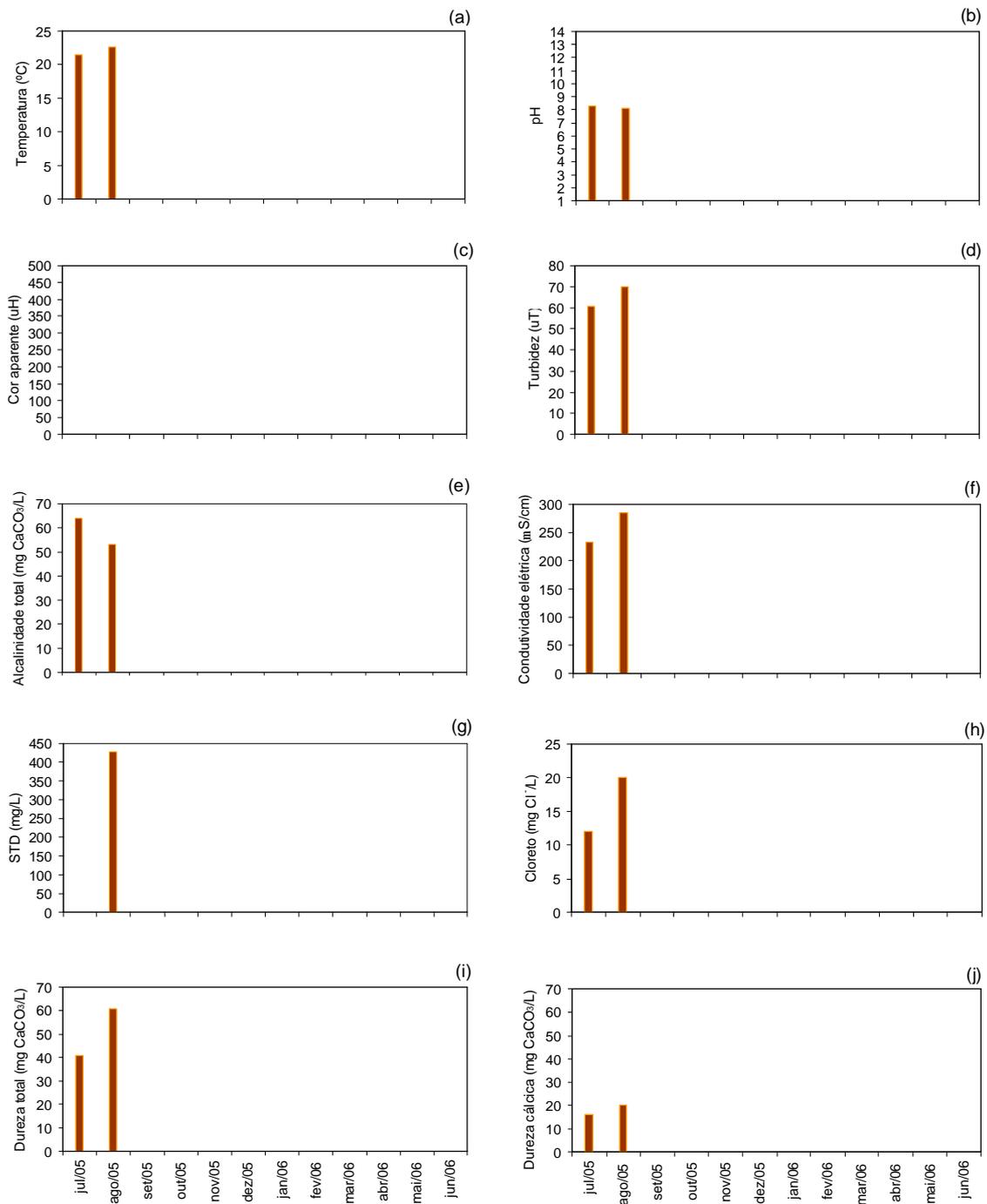


Figura H.6: Maravilha

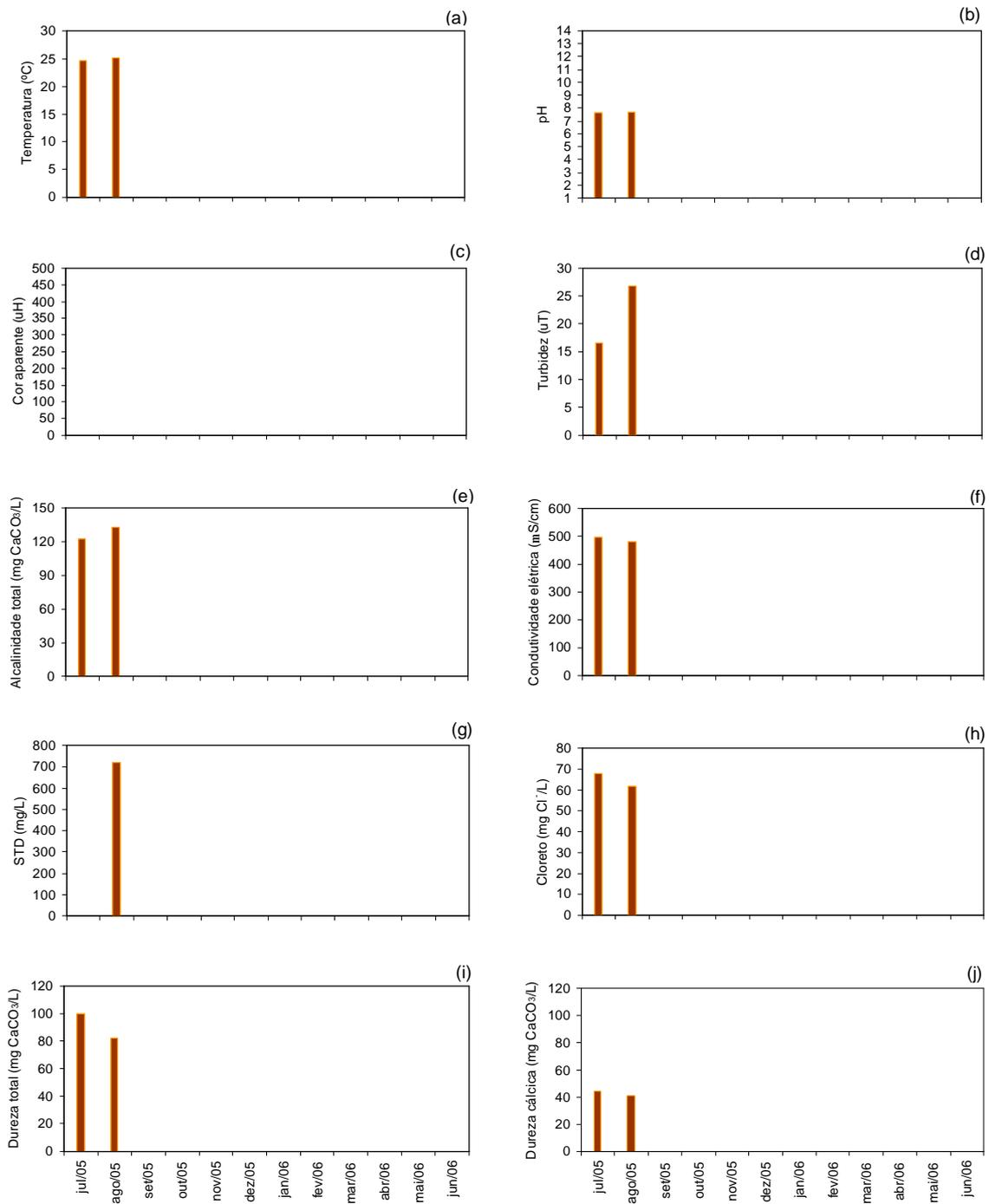


Figura H.7: Poço Preto

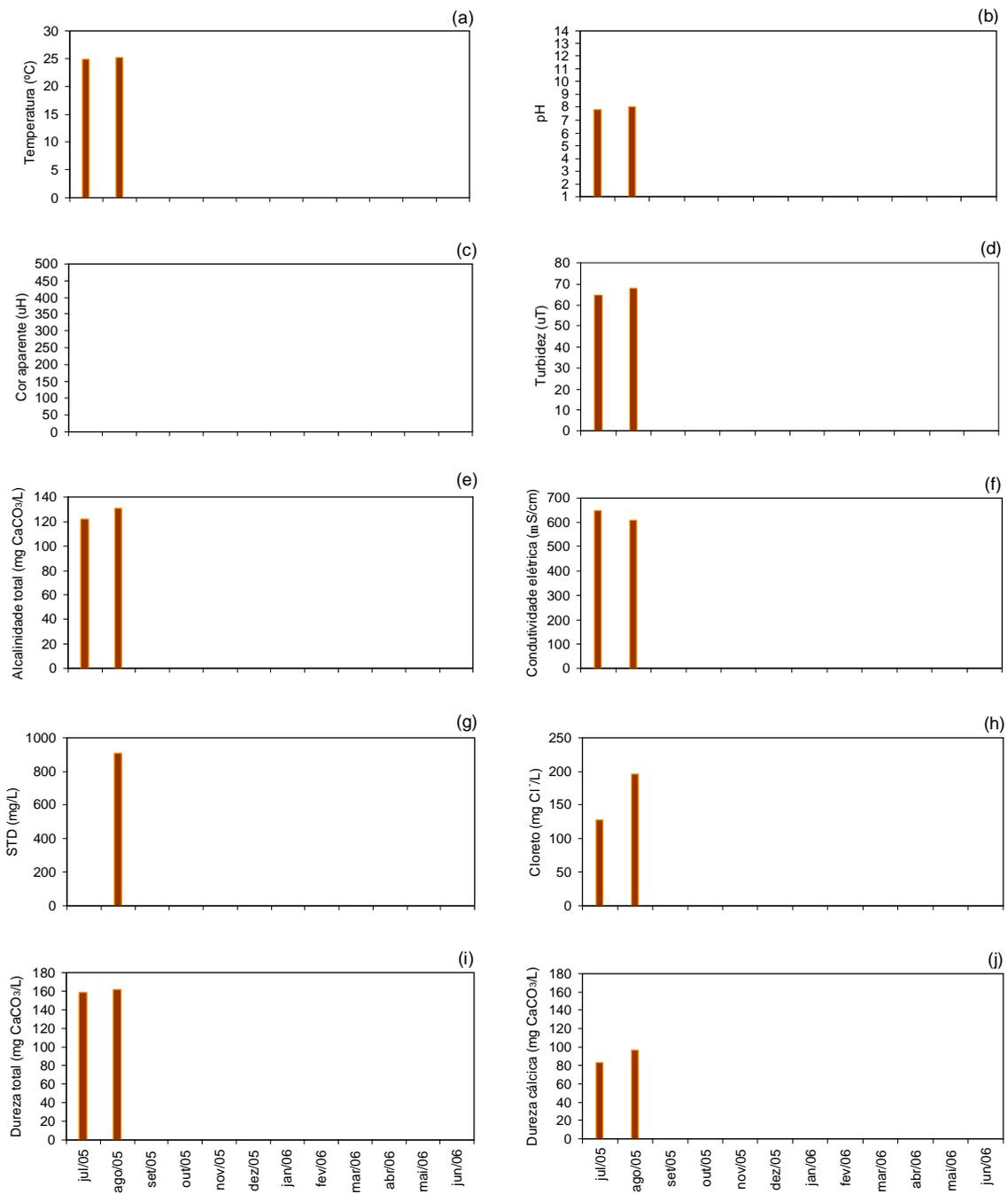


Figura H.8: Salitrado

**ANEXO I: MODELO DE QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO  
APLICADO EM POÇO REDONDO-SE**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

### TERMO DE LIVRE CONSENTIMENTO

A pesquisa "Saneamento urbano e qualidade das águas de pequenas obras hídricas na área de Xingó", tem entre os seus objetivos específicos sugerir e orientar medidas relacionadas com o abastecimento humano no município de Poço Redondo-SE, com o objetivo de sua melhoria. Para isso, serão feitas algumas perguntas aos moradores e as respostas serão anotadas em questionário. Todas as informações serão anônimas (sigilosas). O entrevistado não será identificado nem assinará qualquer documento, garantindo-lhe total sigilo. Os resultados servirão à elaboração de trabalho para conclusão de curso de doutorado. Poderão os seus resultados serem publicados em trabalhos científicos, e à prefeitura de Poço Redondo-SE, a fim de contribuir para melhoria da qualidade de vida da área estudada. Sabe-se que a saúde da população está diretamente ligada à existência de serviços de saneamento adequados.

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que tomei conhecimento da  
(nome da pessoa entrevistada)  
pesquisa " Saneamento urbano e qualidade das águas de pequenas obras hídricas na área de Xingó" e livremente concordo em participar da mesma.

Diante deste termo, dato e assino abaixo.

---

**Giovanni de Melo Perazzo** (entrevistador)

**Poço Redonso-SE**, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Obs: para qualquer dúvida ou esclarecimento por parte do entrevistado, entrar em contato com o entrevistador (Giovanni de Melo Perazzo), nos seguintes telefones: (82) 3686-1557 ou (81) 2126-8906. Departamento de Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos Endereço: Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n – Cidade Universitária. CEP 50740-530. Recife-PE.

**Riscos:** A referida pesquisa oferece riscos mínimos à pessoa entrevistada, incluindo-se a possibilidade de causar-lhe constrangimento com relação às perguntas oferecidas pelo questionário.

**Benefícios:** Com a obtenção dos conhecimentos obtidos sobre o saneamento ambiental (potencialidades, deficiências e proposições) no município investigado (Poço Redondo-SE), espera-se que ações de fiscalização, de planejamento e definição de tomada de decisões, possam ser efetuadas por parte dos gestores, no sentido de melhoria do nível de vida da população, em particular o saneamento ambiental.

---

(assinatura do entrevistado)

---

Assinatura de testemunha

---

Assinatura de testemunha

Parâmetros a serem coletados junto à população de Poço Redondo, submetidos à aprovação pelo Comitê de Ética do CCS/UFPE

## 1) Perfil

### 1.1) Nível de escolaridade do chefe de família

Não possui ( ), alfabetizado ( ), 1º grau ( ), 2º grau ( ), superior ( ), pós-graduação ( )

### 1.2) Função (profissão) \_\_\_\_\_

### 1.3) Quantas horas por dia trabalha

Menos de 4 horas ( ), 4 horas ( ), 5 horas ( ), 6 horas ( ), 7 horas ( ), 8 horas ( ), 9 horas ( ), 10 horas ( ), mais de 10 horas ( )

### 1.4) Renda mensal

Menor que 1 salário mínimo ( ), 1 salário mínimo ( ), 2 salários mínimo ( ), 3 salários mínimo ( ), 4 salários mínimo ( ) maior que 4 salários mínimo ( )

### 1.5) Número de residentes na casa onde mora \_\_\_\_\_

### 1.6) Quais culturas cultiva

Feijão ( ), milho ( ), mandioca ( ), mamão ( ), melancia ( ), cenoura ( ), outras ( ) quais? \_\_\_\_\_

### 1.7) Animais que cria

Cabras e bodes ( ) – quantos? \_\_\_\_\_

Vacas e bois ( ) – quantos? \_\_\_\_\_

Porco ( ) – quantos? \_\_\_\_\_

Galinha ( ) – quantos? \_\_\_\_\_

Outros ( ) – quais? \_\_\_\_\_ quantos? \_\_\_\_\_

## 2) Objeto

### 2.1) Tipo de parede da casa

Tijolo ( ), taipa ( ), madeira ( ), adobe ( ), bloco de cimento ( ), outra ( )

### 2.2) Tipo de revestimento da parede

Sem reboco ( ), rebocada ( ), rebocada parcialmente ( ) rebocada e caiada ( ), outra ( )

### 2.3) Material da cobertura

Telha de barro ( ), telha de cimento amianto ( ), telha de alumínio ( ), madeira ( ), palha ( ), outra ( )

### 2.4) Material do piso do chão

Madeira ( ), tijolo ( ), terra ( ), ladrilho/cerâmica/cimento ( )

### 2.5) Pavimentação da rua

Paralelepípedo ( ), asfalto ( ), barro ( ), outro ( ), não tem ( )

2.6) Local onde existe fissura na casa

Na parede ( ), no piso ( ), na parede e no piso ( ), sem fissura ( )

2.7) Local na casa onde existe umidade

Na parede ( ), no piso ( ), na parede e no piso ( ), Não existe ( )

2.8) Forma de abastecimento de água

No inverno

rede pública ( ), cisterna ( ), poço ( ), barreiro ( ), carro-pipa ( ), diretamente do rio ( ), outra ( )

No verão

rede pública ( ), cisterna ( ), poço ( ), barreiro ( ), carro-pipa ( ), diretamente do rio ( ), outra ( )

2.9) Possui caixa d'água ou cisterna?

Sim ( ) Quantos litros? \_\_\_\_\_

Não ( )

2.10) Possui hidrômetro?

Sim ( )

Não ( )

2.11) Como trata a água que bebe

filtra ( ), côa ( ), ferve ( ), usa cloro ( ), não trata ( )

2.12) Destino do esgoto da casa

fossa séptica p/ depois ir para o solo ( ), fossa séptica p/ depois ir p/ a rede coletora ( ), fossa seca ( ), solo a céu aberto ( ), rede coletora ( )

2.13) Possui banheiro

Na casa ( ), fora da casa ( ), não possui banheiro ( )

2.14) As águas servidas são aproveitadas de alguma forma

Sim ( ) como? \_\_\_\_\_

não ( )

2.15) Destino do lixo

Coletado pela prefeitura ( ), queimado ( ), enterrado ( ), mato ( ), rio ( )

2.16) Teve algum caso de doença nos residentes nos últimos 6 meses?

Sim ( ) qual? \_\_\_\_\_

Não ( )

2.17) Acesso aos órgãos de saúde pública

Ótimo ( ), bom ( ), regular ( ), ruim ( ), péssimo ( )

3) Aberto

3.1) Qual o pior serviço

Abastecimento de água ( ), esgotamento sanitário ( ), drenagem pluvial ( ), limpeza pública ( ) serviços de saúde ( )

3.2) Qual o melhor serviço

Abastecimento de água ( ), esgotamento sanitário ( ), drenagem pluvial ( ),  
limpeza pública ( ) serviços de saúde ( )

3.3) Grau de satisfação com relação a cada um dos serviços prestados

Abastecimento de água

Satisfeito ( ), mais ou menos ( ), insatisfeito ( )

Esgotamento sanitário

Satisfeito ( ), mais ou menos ( ), insatisfeito ( )

Drenagem pluvial

Satisfeito ( ), mais ou menos ( ), insatisfeito ( )

Limpeza pública

Satisfeito ( ), mais ou menos ( ), insatisfeito ( )

Serviços de saúde

Satisfeito ( ), mais ou menos ( ), insatisfeito ( )

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)