

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SANITÁRIAS DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE PEIXE-BOI – PA E
PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO

Aluno: Alice Kimie Martins Morita

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.

São Carlos, SP

2010

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Alice Kimie Martins Morita

Monografia defendida e aprovada em: 01/10/2010 pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Prof. Dr. Marco Antonio Penalva Reali

Profa. Dra. Ruth de Gouvêa Duarte

Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcelo Zaiat, pela orientação, incentivo e apoio.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Penalva Reali, pela atenção e auxílio sempre a mim dispensados.

À Maria Paula, companheira de viagem e de ideais, pela amizade, pelas conversas, e por ter iniciado e encorajado a participação no Projeto Rondon e o posterior desenvolvimento da pesquisa.

À Élia Jacques Rodrigues, Prefeita do Município de Peixe-Boi - PA, pelo apoio, incentivo e auxílio na pesquisa, fundamentais na realização da mesma.

À Eliene Jacques Rodrigues, pelo incentivo, auxílio e carinho dispensados.

Ao Prof. Dr. Neyson Martins Mendonça, pelo auxílio, atenção e orientação fundamentais na realização do trabalho.

À Universidade Federal do Pará (UFPA) pela concessão de espaço e laboratório para realização das análises.

Ao Ministério da Defesa, na idealização do Projeto Rondon, o qual deu início a esta pesquisa.

Aos peixeboienses, pelo carinho, companhia e amizade eterna. Às crianças, principais incentivadoras deste trabalho, pela alegria e carinho.

À Coordenadoria do Curso (CoC) de Engenharia Ambiental da EESC-USP, pelo auxílio financeiro.

À Pró Reitoria de Pesquisa pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivos específicos.....	3
3. JUSTIFICATIVAS	4
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1. Saneamento: importância e quadro atual.....	5
4.2. Abastecimento de água.....	7
4.2.1. Captação e seleção de mananciais.....	9
4.2.2. Mananciais subterrâneos	10
4.2.2.1. Vulnerabilidade e fontes de contaminação.....	12
4.2.2.2. Proteção dos mananciais subterrâneos	14
4.2.3. Captação de Água pluvial	22
4.2.4. Tratamento da água	26
4.2.4.1. Padrões de potabilidade.....	29
4.2.4.2. Doenças de veiculação hídrica	31
4.2.4.3. Alternativas de tratamento por sistemas centralizados.....	34
4.2.4.3.1. Filtração lenta.....	34
4.2.4.3.2. Filtração em múltiplas etapas	39
4.2.4.3.3. Desinfecção	40
4.2.4.3.3.1. Cloração.....	41
4.2.4.4. Alternativas de tratamento por sistemas descentralizados	43
4.2.4.4.1. Armazenamento/sedimentação.....	43
4.2.4.4.2. Filtração doméstica	43
4.2.4.4.2.1. Filtros de areia.....	44
4.2.4.4.2.2. Filtro biológico.....	45
4.2.4.4.2.3. Filtro de material sólido poroso.....	47

4.2.4.4.3. Desinfecção	48
4.2.4.4.3.1. Cloração da água em recipientes	48
4.2.4.4.3.2. SODIS.....	49
4.2.4.4.3.3. Fervura.....	53
4.3. Tratamento e Disposição Final de esgoto e excretas.....	54
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	58
5.1. Área de estudo: Peixe-Boi/PA.....	58
5.2. Entrevistas com a população e levantamento de dados.....	61
5.3. Coleta e análise de amostras de água.....	62
5.4. Análise das possibilidades de desinfecção da água.....	64
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
6.1. Entrevistas com a população.....	64
6.2. Coleta e análise de amostras.....	81
6.3. Análise das possibilidades de desinfecção da água.....	88
6.4. Considerações finais e propostas de adequação.....	90
7. CONCLUSÕES	96
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição, por região, das mortes relacionadas a fontes de água inseguras, à falta de saneamento e de higiene.	1
Figura 2. Comparação da vulnerabilidade dos aqüíferos à contaminação.....	13
Figura 3. Processos comuns de poluição da água subterrânea	14
Figura 4. Poço escavado , com revestimento de alvenaria em pedra. A linha tracejada mostra o menor percurso d'água da superfície do terreno ao interior do poço.	16
Figura 5. Poço cravado à esquerda e brocado à direita, ambos contendo proteção nos primeiros 3 metros a partir da superfície.	17
Figura 6. Melhoramento do poço, com impermeabilização das paredes nos três primeiros metros e construção de uma laje de cobertura de concreto.	18
Figura 7. Melhoramento do poço com a construção de uma laje para receber terra socada, na espessura de três metros, além da laje de cobertura de concreto armado.....	19
Figura 8. Melhoramento do poço, com laje de cobertura ampla, contornada por batente de 0,50m.	19
Figura 9. Arranjo para captação de água a partir do telhado e desvio da primeira descarga da chuva.....	23
Figura 10. Sistema simples de desvio da primeira descarga da chuva.	23
Figura 11. Captura de água pluvial de grandes dimensões.....	24
Figura 12. Captura de água pluvial de pequenas dimensões.	24
Figura 13. Esquema de Filtro Lento.	35
Figura 14. Esquema de montagem do clorador de água.	42
Figura 15. Esquema de sistema para cloração de água de reservatório.....	42
Figura 16. Tambor de graxa ou vaselina com dimensões e detalhes para instalação de filtro.	45
Figura 17. Sistema de filtração biológica doméstico,com utilização de baldes.	46
Figura 18. Destaque para o balde onde se processa filtração lenta, com acúmulo de algas na superfície. Entrada de água na parte superior e saída por mangueiras laterais.	46
Figura 19. Estrutura de filtro biológico construído em baldes.	47
Figura 20. Filtro de vela.	47
Figura 21. Exemplos de aplicação do SODIS, com utilização de garrafas PET.	51

Figura 22. Concentradores solares utilizados em experimentos de Paterniani <i>et al.</i> (2005).	53
Figura 23. Estrutura recomendada para utilização de fervura a nível domiciliar.	54
Figura 24. Soluções condenáveis de disposição de excretas.	57
Figura 25. Privadas higiênicas.	57
Figura 26. Localização do município de Peixe-Boi, Estado do Pará.	59
Figura 27. Cacimba utilizada pelos moradores como alternativa ao sistema de abastecimento da COSANPA.	67
Figura 28. Cacimba utilizada pelos moradores de Piçarreiras.	67
Figura 29. Nascente utilizada pelos moradores de Piçarreiras.....	68
Figura 30. Cacimba existente no bairro Eliolândia, atualmente não utilizada para captação de água, mas que compreende um ponto de contaminação da água subterrânea.	68
Figura 31. Fossa seca utilizada por moradores da comunidade de Piçarreiras.	70
Figura 32. Fossa séptica a cerca de 6 metros de distância do poço de captação do bairro Coréia.	71
Figura 33. Fossa seca a menos de 15 metros de distância do poço de captação da comunidade de Ananim.	72
Figura 34. Encosta à montante da captação da COSANPA.....	73
Figura 35. Deposição de resíduos a montante dos poços utilizados para abastecimento da COSANPA.	73
Figura 36. Alagamento da região onde situam-se os poços de captação da COSANPA,após ocorrência de chuva.	74
Figura 37. Poços do sistema de abastecimento da COSANPA, não sendo observadas proteções ou laje de cobertura.....	74
Figura 38. Rede de canos do sistema de captação da COSANPA. Alagamento na superfície de praticamente todos os poços.	75
Figura 39. Canalização saindo de poço de micro sistema de Ananim; existência laje de cobertura.....	75
Figura 40. Canalização saindo de poço do micro sistema de Piçarreiras; existência de laje de cobertura.....	76
Figura 41. Canalização saindo de poço de micro sistema de Tauarizinho; inexistência laje de cobertura.....	76

Figura 42. Canaleta localizada na sede municipal, com proliferação de algas em decorrência do constante lançamento de efluentes domésticos.	77
Figura 43. Lixão existente na comunidade de Piçarreiras.	78
Figura 44. Lixão existente na comunidade de Piçarreiras.	78
Figura 45. Reservatório existente em escola da comunidade de Salgado, com água de aparência turva, deposição de areia e formação de crostas.	79
Figura 46. Captação de água em Salgado ao lado de local de lançamento de lixo.	79
Figura 47. Amostras de água coletadas da COSANPA, no local de captação, em casa distante desta e em Posto de Saúde, respectivamente.	84
Figura 48 Amostra de água da COSANPA, com existência de flocos de aparência ferruginosa, rapidamente sedimentáveis.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais contaminantes associados a diferentes atividades antrópicas.	14
Tabela 2. Parâmetros microbiológicos de qualidade da água para consumo humano, segundo a Portaria 518 de 2004.	30
Tabela 3. Limites de valores de turbidez para diferentes níveis de tratamento da água, segundo a Portaria 518 de 2004.	30
Tabela 4. Parâmetros de aceitação pelo consumidor, segundo limites estabelecidos pela Portaria 518 de 2004.	31
Tabela 5. Relação de risco à saúde e número de coliformes por 100 mL de água consumida.	32
Tabela 6. Principais doenças de veiculação hídrica e fontes de contaminação.	33
Tabela 7. Valores de parâmetros máximos permitidos para adequada filtração lenta.	36
Tabela 8. Remoção de microrganismos em filtros lentos segundo vários pesquisadores.....	37
Tabela 9. Eficiências de tratamento de filtros lentos.	38
Tabela 10. Quantidade de gotas de água sanitária a ser utilizada na água bruta para desinfecção.....	48
Tabela 11. Relação de inativação de microrganismos através da SODIS.	50
Tabela 12. Principais aspectos relacionados às fontes de abastecimento do município, segundo moradores.....	65
Tabela 13. Distribuição de fossas secas, sépticas e negras na sede municipal de Peixe-Boi, por bairros.....	69
Tabela 14. . Dados dos poços e reservatórios do município de Peixe-Boi, de acordo com responsáveis por tais.	80
Tabela 15. Parâmetros analisados e seus valores para água de abastecimento da COSANPA, coletada na fonte, em casa distante desta e em Posto de Saúde.....	82
Tabela 16. Parâmetros analisados e seus valores para águas dos micro-abastecimentos dos bairros Coréia e Eliolândia, da comunidade de Piçarreiras e do distrito de Tauarizinho, todos de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Peixe-Boi.	82

RESUMO

Em decorrência da falta de adequado tratamento e proteção das águas de abastecimento e da ausência de coleta adequada de esgotos, é freqüente, principalmente nos países em desenvolvimento, a disseminação de diversas doenças de veiculação hídrica. Neste sentido, é necessário proteger adequadamente os mananciais das fontes de contaminação e implementar ações de saneamento compatíveis com as realidades locais, sob os pontos de vista tecnológico, econômico e cultural. Este trabalho estudou as possibilidades de adequação sanitária do sistema de abastecimento do município de Peixe-Boi - PA, buscando soluções de baixo custo capazes de proteger os recursos hídricos e a saúde da população local. Foram realizadas inspeções sanitárias, coletadas e analisadas amostras dos micro sistemas de abastecimento do município, para serem avaliados os parâmetros pH, cor, turbidez, condutividade, sólidos suspensos e dissolvidos, fósforo, nitrato, coliformes totais e fecais. Também foram realizadas entrevistas abertas e levantadas as principais fontes de contaminação da água. A maioria dos sistemas analisados apresentou falhas em sua proteção sanitária, por não conter laje de cobertura superior, não respeitar os distanciamentos mínimos recomendados em relação às fontes de contaminação e/ou por permitir o acúmulo de águas pluviais em sua parte superior. Os resultados das análises e das entrevistas apontaram para as mesmas falhas e serviram como mais um indicativo de inadequação das fontes. Dessa forma, foi constatado que, em relação à presença de coliformes totais e fecais, nenhuma das amostras estava de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS nº 518/2004. Diante disso foi possível concluir que os principais problemas relacionados à qualidade da água de abastecimento no município estão relacionados com a falta de planejamento territorial – não há restrição à ocupação nas proximidades dos locais de captação –, com a ausência de proteção sanitária dos poços e com a inexistência de processos de desinfecção da água. Em vista disso, é sugerida: mudança do local de captação para outro menos vulnerável no caso do sistema da COSANPA, Companhia de Saneamento do Pará; adoção de sistemas de captação de água pluvial no caso da comunidade de Piçarreiras, dado o alto risco fornecido pela captação de água subterrânea próxima ao lixão municipal; obediência às recomendações de proteção sanitária, e adoção de processo de desinfecção anteriormente à distribuição, ação imprescindível em todos os casos analisados.

Palavras-chave: abastecimento de água, saneamento – pequenas comunidades.

1. INTRODUÇÃO

A ausência de fontes de abastecimento de água potável e de coleta de esgotos sanitários – juntamente com a precariedade dos sistemas de saneamento existentes – ainda se configura, de acordo com a Organização Mundial de Saúde - OMS (2009), em uma das maiores ameaças à saúde, principalmente em países em desenvolvimento. Isto é devido à íntima relação entre a precariedade destes sistemas e as altas taxas de doenças intestinais e infecciosas, conforme Silva e Alves (2006).

Segundo estimativas da OMS (2009), atualmente mais de 1 bilhão de pessoas não têm acesso a fontes de água potável seguras, enquanto mais de 2.6 bilhões não desfrutam de saneamento básico adequado. As doenças relacionadas a fontes de água inseguras, falta de saneamento e de higiene resultariam, segundo estas estimativas, em 1.7 milhão de mortes todo ano e estariam associadas a 80% de todas as doenças infecciosas no mundo. A Figura 1 ilustra a distribuição, por região, das mortes relacionadas ao consumo de águas inadequadas e a falhas no saneamento e na higiene das populações.

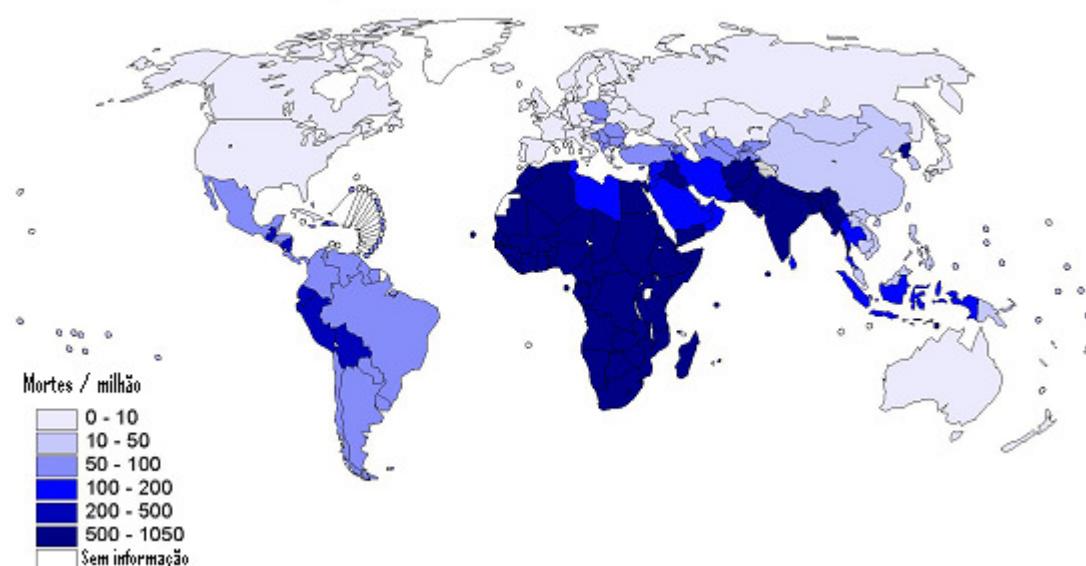


Figura 1. Distribuição, por região, das mortes relacionadas a fontes de água inseguras, à falta de saneamento e de higiene.

FONTE: OMS (2009).

Como é possível visualizar na Figura 1, as populações mais afetadas estão situadas em países em desenvolvimento, em condições de extrema pobreza, normalmente habitantes de periferias das grandes cidades, nos pequenos aglomerados urbanos ou zonas rurais. Segundo a OMS (2009), as principais razões desta situação são: falta de prioridade dada ao setor de saneamento, falta de recursos financeiros, de sustentabilidade do fornecimento de água e dos serviços sanitários, inadequação do comportamento de higiene pessoal das populações e condição precária de saneamento em locais públicos, incluindo hospitais e escolas.

Este cenário, típico de países em desenvolvimento, leva à disseminação de diversas doenças de veiculação hídrica, decorrentes da falta de tratamento adequado dado às águas de abastecimento e da ausência de coleta adequada de esgotos, fatos que levam ao acúmulo de material fecal no domicílio ou vizinhança e aumentam a perspectiva de contaminação dos mananciais (DANIEL, 2001; SILVA e ALVES, 2006).

Um agravante para este quadro está nas deficiências apresentadas pelos próprios sistemas de tratamento, quando existentes. Estas deficiências são decorrentes de sobrecarga nas unidades de potabilização, problemas operacionais, inadequação da tecnologia de tratamento às características da água bruta e de freqüentes intermitências no abastecimento, fato que favorece a perspectiva de contaminações nas redes de distribuição (DANIEL, 2001).

Neste sentido, ainda que os serviços de abastecimento de água apresentem atendimento superior a 58% em todas as regiões do País, nada se pode inferir sobre a qualidade da água abastecida, a não ser a iminente a possibilidade de contaminação. Desta forma, no Brasil, a precariedade e deficiência dos sistemas de saneamento básico – principalmente em relação a serviços como coleta e tratamento de esgotos sanitários e a drenagem urbana – contribuem para a contaminação da água e do solo e para o fechamento do ciclo de transmissão de doenças de origem fecal (DI BERNARDO, 2003). Por conseguinte, é possível afirmar que, embora em nível mundial o país ocupe situação privilegiada em relação à disponibilidade total de água doce, ele acaba por apresentar um número crescente de problemas quanto à carência e deterioração deste recurso em diversas regiões (SILVA e PRUSKI, 2000).

Pelo exposto, fica patente a necessidade de combater as doenças de veiculação hídrica, através da adequada proteção dos mananciais das fontes de contaminação e da implementação de ações de saneamento compatíveis com as realidades locais, sob os pontos de vista tecnológico, econômico e cultural (DACCACH, 1962; DACCACH, 1990).

Neste sentido, Macedo (1993) defendeu a utilização de múltiplas barreiras contra as doenças de veiculação hídrica, aliando a proteção sanitária dos mananciais ao tratamento da água abastecida. Não obstante, urge que sejam buscadas alternativas de baixo custo de adequação e tratamento das águas de abastecimento, a fim de viabilizar a universalização do acesso à água em quantidade e qualidade necessárias aos fins a que se destina (DI BERNARDO, 2003).

Este trabalho estudou possibilidades de adequação sanitária do sistema de abastecimento do município de Peixe-Boi – PA e buscou soluções de baixo custo capazes de proteger os recursos hídricos e a saúde da população local.

2. OBJETIVOS

O objetivo precípuo deste trabalho foi realizar um diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água do município de Peixe-Boi – PA, de forma a identificar as principais falhas existentes e propor alternativas viáveis para adequação da qualidade da água abastecida.

2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- i. Realizar ampla revisão bibliográfica acerca das técnicas simplificadas de adequação sanitária de captações, tratamento de água de abastecimento e destino de excretas para pequenas comunidades, envolvendo baixo custo de aplicação;
- ii. Estudar as condições sanitárias das captações e reservatórios de água utilizados para abastecimento no município de Peixe-Boi – PA;
- iii. Avaliar a qualidade da água abastecida no município de Peixe-Boi – PA, identificando os parâmetros em desacordo com os padrões de potabilidade;
- iv. Diagnosticar a situação do saneamento básico no município – especificamente da disposição de esgotos/excretas e de resíduos sólidos ;
- v. Identificar fatores intervenientes na qualidade da água utilizada para abastecimento, apontando as possíveis fontes de contaminação;

- vi. Estudar a necessidade de aplicação de tratamento para tornar potável a água utilizada para abastecimento, avaliando alternativas de larga e pequena escala;
- vii. Propor medidas que visem à melhoria da qualidade da água, através da adequação das estruturas de saneamento básico do município, da proteção sanitária das captações e, possivelmente, da adoção de tratamento simplificado.

3. JUSTIFICATIVAS

Em diversas localidades do país, em decorrência da carência dos serviços de saneamento, o grau de insalubridade ao qual a população está exposta possui caráter emergencial, dado que é comum o consumo de água sem qualquer tratamento e a disposição final de excretas, esgotos e resíduos sólidos de forma inadequada, frequentemente a céu aberto. Neste sentido, são imprescindíveis trabalhos que busquem identificar as falhas nos sistemas de saneamento do país, com vista a propor alternativas simplificadas de adequação.

A relevância e justificativa deste trabalho dizem respeito à necessidade de serem levados a efeito diagnósticos dos sistemas brasileiros de saneamento básico do Brasil, a fim de propor alternativas de adequação condizentes com as realidades locais, o que inclui a proteção sanitária dos mananciais e o planejamento territorial para a preservação dos recursos hídricos do país.

Com base no exposto, a área de estudo desta pesquisa é o município de Peixe-Boi – PA, no qual a deficiência da infra-estrutura sanitária leva à disseminação de doenças de veiculação hídrica com riscos para a população residente. Com enfoque maior nos sistemas de abastecimento de água, este trabalho também analisa os demais serviços de saneamento básico, de forma a possibilitar a proposição de melhorias viáveis ao município.

Esta pesquisa contou com o apoio da Universidade Federal do Pará – UFPA – e de sua infra-estrutura laboratorial, fato que permitiu a realização dos testes com amostras de água coletadas no município de Peixe-Boi – PA. Também contou com o apoio da Prefeitura Municipal de Peixe-Boi na identificação de problemáticas, na visita a diversas comunidades e na divulgação do trabalho.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Saneamento: importância e quadro atual

O saneamento básico pode ser definido, segundo a OMS (2004), como “o controle dos fatores do meio físico do homem, que exercem efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental e social”. Entende-se por saneamento, assim, as medidas de controle ambiental que têm por objetivo proteger a saúde humana.

Segundo a Lei nº11.445 de 2007¹, o saneamento básico consiste no conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

- i. abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- ii. esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- iii. limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- iv. drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Estes serviços, em conjunto, atuam na interrupção do ciclo da maioria das doenças de transmissão feco-oral, previnem a contaminação da água e do solo e diminuem o risco de contato com patógenos. Dado que a atuação destes serviços é conjunta, a ineficiência de um deles leva ao comprometimento da saúde pública. Como exemplo, a disposição adequada de esgotos sanitários e de lixo atua positivamente na preservação da qualidade da água a ser

¹ Disponível no sítio http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm

utilizada no abastecimento humano, eliminando possíveis caminhos de contaminação (MOURA, 2006).

Neste sentido, de acordo com dados da OMS (2009), evidências epidemiológicas sugerem que as infra-estruturas de esgotamento sanitário, limpeza urbana e drenagem são ao menos tão efetivas na prevenção de doenças quanto são as melhorias no abastecimento de água. No entanto, essa abordagem freqüentemente envolve maiores mudanças comportamentais e aumento no gasto em nível domiciliar.

Segundo Briscoe (1985 *apud* JULIÃO, 2003²), as intervenções ambientais sistêmicas, como o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, apresentam efeitos a longo prazo sobre a saúde substancialmente superiores aos de intervenções médicas. Em acordo com esta assertiva, Julião (2003) cita a divulgação do IBGE, de 2003, que, segundo a Associação Nacional dos Serviços Municipais - ASSEMAE, para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, o setor público economizaria R\$ 4,00 em medicina curativa. A promoção de serviços de saneamento básico compreende, portanto, importante ganho econômico e social.

Ainda que estes dados sejam conhecidos, em países da América Latina, África e Ásia, prevalecem doenças de veiculação hídrica decorrentes da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento. Esta fragilidade fica patente na ausência de redes coletoras de esgotos e, principalmente, na qualidade da água distribuída à população, quando estão presentes os sistemas de abastecimento. Estes fatores, em conjunto, concorrem para a manutenção dos índices de mortalidade infantil do Brasil entre os mais elevados do continente (DANIEL, 2001).

Neste sentido, a fim de prevenir a contração de doenças de veiculação hídrica, Oliveira (1976) recomendou a adoção das seguintes medidas:

- i. proteção sanitária dos mananciais, evitando-se a poluição dos recursos hídricos;
- ii. melhoria da qualidade da água fornecida às pequenas comunidades, auxiliando-as técnica e economicamente a utilizarem métodos simples e pouco dispendiosos de tratamento, como a desinfecção;

² BRISCOE, J. *Evaluating water supply and other programs: short-run vs long-run mortality effects*. Public Health, v.99, n.3. 1985.

- iii. adoção de solução sanitária para o problema de coleta e disposição dos esgotos e dejetos humanos, tendo sempre como finalidade proteger o abastecimento de água potável.

Com base no exposto, nesta revisão bibliográfica serão abordados os três aspectos citados por Oliveira (1976): proteção sanitária dos mananciais (item i), tratamentos simplificados (item ii) e coleta e disposição de esgotos e excretas (item iii).

4.2. Abastecimento de água

Conforme Smet e van Wijk (2002), fontes de água seguras, protegidas e acessíveis, combinadas com saneamento apropriado, certamente são necessidades básicas e componentes essenciais para a proteção da saúde, podendo auxiliar na melhoria das condições de saúde de populações menos privilegiadas em zonas rurais ou nas áreas urbanas periféricas. Desta forma, constituem fonte e condição para o desenvolvimento sócio-econômico.

A água utilizada para consumo humano deve atender a certos padrões de qualidade, os quais variam de acordo com diferentes realidades. No ambiente natural, a água contém impurezas de ordem física, química ou biológica, cujos teores devem ser limitados a níveis não prejudiciais ao ser humano por meio de padrões de potabilidade, estabelecidos por órgãos de saúde pública (MOTTA, 1993).

No Brasil, a Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde estabelece os padrões e o monitoramento da qualidade da água e consideram água potável como aquela que, destinada ao consumo humano, não ofereça riscos à saúde e possua parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos em acordo com o padrão de potabilidade (BRASIL, 2004).

Neste sentido, é importante assegurar a qualidade e potabilidade da água abastecida, dado que o consumidor não consegue analisar padrões de qualidade, níveis e parâmetros específicos para consumo humano: neste caso, a verificação fica apenas a nível sensorial – para parâmetros como cor, cheiro e gosto –, por não ser possível checar outros parâmetros, como bacteriológicos, metais pesados, pH, condutividade, entre outros. Assim, para garantir a potabilidade da água distribuída, as empresas de saneamento básico procuram obtê-la de fontes limpas e utilizam diversas tecnologias que controlam a sua qualidade, protegendo-a contra eventual poluição, na coleta, no transporte, no armazenamento e na distribuição. (JULIÃO, 2003).

No entanto, segundo Heller *et al.* (1997), nas Américas são evidentes as deficiências encontradas no setor de abastecimento de água, em todas as etapas, de captação, tratamento, distribuição e devolução ao meio, fato que contribui para a contaminação das águas subterrâneas e superficiais e não permite garantir água potável aos consumidores em seus domicílios.

Segundo Silva e Alves (2006), apesar dos progressos atingidos com o PLANASA – Plano Nacional do Saneamento – principalmente nas décadas de 1970 e 1980, os quais permitiram que o Brasil atingisse níveis de atendimento de cerca de 90% da população urbana, ainda existem problemas remanescentes referentes ao abastecimento de água. No setor urbano, estas deficiências dizem respeito principalmente à cobertura das populações de baixa renda – das quais 35% não contam com água encanada, em comparação com 3% da população de rendas médias e altas. Em relação à zona rural, por outro lado, a deficiência é maior: o abastecimento de água encanada só atinge 9% da população rural, muito embora poços e nascentes forneçam água a grande parte da população rural não servida.

Outra deficiência apontada pelos autores diz respeito à deterioração dos sistemas antigos, especialmente quanto à distribuição de água. Este fato leva a elevados índices de perda de água – com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora de serviço – e deixa o sistema vulnerável à contaminação. Nestes casos, a adequação dos serviços de abastecimento de água está ligada à reabilitação de redes mais antigas de transporte e distribuição de água, bem como à construção e ampliação dos sistemas para atender às novas áreas de crescimento.

Assim, no contexto de deficiência de abastecimento de água potável no Brasil, Dacach (1962) ressaltou que, embora seja necessário indicar soluções mais acertadas para solução destas falhas, é preciso ter em mente a condição do país, que, segundo o autor, possui recursos limitados. Por isso é necessário considerar a adoção de tratamentos caseiros e descentralizados, com o propósito de ao menos melhorar a qualidade da água destinada a beber, quando não forem atendidos os padrões mínimos de potabilidade da água abastecida.

A seguir serão apresentadas alternativas e recomendações de baixo custo a serem adotadas pelos municípios com deficiências no sistema de abastecimento de água, referentes às etapas de captação e tratamento, principalmente. As etapas de elevação, reservação e distribuição não serão aprofundadas por não estarem contidas na proposta deste trabalho; no entanto, serão tecidas recomendações a respeito.

4.2.1. Captação e seleção de mananciais

A escolha acertada do manancial abastecedor e do ponto de captação concorre consideravelmente para a economia do sistema de abastecimento, em construção, operação e manutenção. Neste sentido, é preciso considerar: a captação propriamente dita, cujo custo depende muito do porte do manancial; a posição do manancial, a qual afeta grandemente o custo da adução, tanto sob o ponto de vista planimétrico como altimétrico (comprimento de adutoras e recalque), e a qualidade da água, a qual pode afetar grandemente a economia do sistema de suprimento no que diz respeito ao tratamento (DACACH, 1962).

Neste sentido, Mann e Williamson (1982) reportaram em adendo que a escolha de um manancial de captação deve passar pelos critérios de confiabilidade, pureza ou qualidade da água e, por último, pela facilidade de abastecimento da população. Por outro lado, Tsutiya (2006) afirmou que, na escolha da fonte de captação, é imprescindível o planejamento adequado, fato que pressupõe que as áreas a serem utilizadas como mananciais devem ser dotadas, desde muito tempo antes de sua efetiva utilização, de instrumentos legais de conservação e fiscalização para evitar o uso inadequado do solo.

A preservação e proteção dos mananciais, segundo Uop Johnson Division Saint Paul (1974³ *apud* MORENO, 1995), são alternativas mais simples e seguras do que a adoção de tratamento de água proveniente de um manancial contaminado. Assim, devem ser priorizadas, ações que visem à proteção sanitária das captações; em um segundo plano, sempre que necessário, devem ser estudadas opções de tratamento da água destinada ao consumo humano.

Em relação aos possíveis mananciais de captação de água para consumo humano, podem ser classificados em superficiais, subterrâneos ou de águas pluviais (PHILIPPI JUNIOR, 2004). Os mananciais superficiais (córregos, rios, lagos e represas) não serão abordados dada a sua qualidade frequentemente pior, exigindo a implantação de unidades de tratamento de elevado custo e o uso de mão-de-obra qualificada na operação dos sistemas (MORENO, 1995).

Os mananciais subterrâneos, por outro lado, representam alternativas importantes no abastecimento de comunidades de pequeno porte ou de zonas rurais, pois geralmente constituem soluções de maior simplicidade e envolvem menores gastos de operação e manutenção (DACACH, 1990). Assim, são importantes reservas estratégicas para suprimento

³ UOP JOHNSON DIVISION SAINT PAUL. *Água subterrânea e poços tubulares*. 2.ed. São Paulo, CETESB, 1974.

de água e frequentemente dispensam tratamento para consumo, devido ao processo natural de filtragem do subsolo; estão incluídos os poços rasos e profundos, as nascentes e as galerias de infiltração (PHILIPPI JUNIOR, 2004). Estas alternativas serão abordadas no item 4.2.2.

Merece destaque pelo potencial de utilização a água pluvial, a qual pode ser potável se convenientemente captada e armazenada, exigindo pouco ou nenhum tratamento para consumo humano. Esta é uma solução capaz de atender satisfatoriamente pequenas comunidades, especialmente em locais com elevados índices pluviométricos e distantes das grandes cidades. Ela possui, ainda, o potencial de eliminar o risco proveniente da utilização de mananciais alternativos contaminados (HOFKES, 1988). Esta alternativa será mais bem detalhada no item 4.2.3.

Finalmente, em casos de emergência, para obtenção de pequena quantidade de água para beber, não constitui novidade o aproveitamento de qualquer tipo de água, salgada ou poluída, através da destilação solar (DACCACH, 1990). Por apresentarem maior importância nos casos de emergência, essas alternativas não serão abordadas neste trabalho.

4.2.2. Mananciais subterrâneos

A água subterrânea pode ocorrer em poros, espaços e fissuras de rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas, originada da infiltração da água pluvial através do subsolo (PHILIPPI JUNIOR, 2004). Neste processo de infiltração, há captura de impurezas, como partículas orgânicas e inorgânicas do solo, restos vegetais e animais, microrganismos, fertilizantes, praguicidas etc. Com o fluxo subterrâneo, no entanto, há uma considerável melhoria da qualidade da água, com remoção de partículas em suspensão pela filtração e a morte de microrganismos devido à falta de nutrientes (HOFKES, 1988).

Este processo de filtração acontece mais intensamente nas formações arenosas, onde o fluxo de água subterrânea é mais lento; no caso de calcários e rochas fissuradas, os contaminantes podem se distanciar quilômetros da fonte, sem que haja attenuação. Isto torna as águas captadas a partir destas formações mais suscetíveis à contaminação, fato que leva a apresentarem freqüentemente pior qualidade (GNADLINGER, 2001; PHILIPPI JUNIOR, 2004).

Por outro lado, se adequadamente captada e proveniente de aquífero seguro, a água subterrânea deve estar livre de turbidez, organismos patogênicos e odor e possuir valores de cor inferiores a 5 mg de platina. No entanto, nelas é comum a ocorrência de compostos

minerais dissolvidos, os quais não são removidos nas camadas subterrâneas e podem ainda aumentar devido à dissolução de sais nessas camadas. Podem ocorrer, ainda, consideráveis quantidades de ferro e manganês, as quais, se objetáveis, podem ser removidas, geralmente pela aeração (FEITOSA e FILHO, 1998; HOFKES, 1988).

A captação da água subterrânea pode ser feita através de poços, nascentes ou galerias de infiltração (PHILIPPI JUNIOR, 2004); somente os primeiros serão abordados, por sua aplicabilidade ao estudo.

Poços são perfurações verticais que partem da superfície da terra e atingem o lençol subterrâneo. No caso de zonas rurais e de pequenas comunidades, normalmente a captação de água subterrânea é feita a partir dos aquíferos livres. Nestes casos, os poços são escavados manualmente, cravados, brocados ou construídos com jatos de água. Por outro lado, no caso de utilização de aquíferos artesianos (localizados entre duas camadas impermeáveis), devem ser utilizados métodos de perfuração mecânicos, normalmente rotativos ou percussivos (WAGNER e LANOIX, 1959).

Poço escavado é o tipo mais utilizado pela população rural brasileira e recebe nomes distintos, em função da região: cisterna, cacimba, cacimbão, poço amazonas, poço caipira, ou simplesmente poço. Basicamente, o poço é escavado do nível do terreno até a parte superior do aquífero e geralmente não ultrapassa vinte metros de profundidade. Cabe ressaltar a importância da construção de revestimento do poço durante ou após a escavação (HOFKES, 1988; DACACH, 1990; PHILIPPI JUNIOR, 2004).

Poços cravados são constituídos a partir do cravamento de uma ponteira instalada na extremidade de um tubo, o qual serve como revestimento e tubo de sucção. Devido ao método construtivo, a profundidade não ultrapassa 10 a 15 metros e o diâmetro, 5 centímetros. Poços brocados são construídos com utilização de trados, manualmente ou através de equipamentos acoplados; possuem até 20 centímetros de diâmetro e 15 metros de profundidade. Finalmente, os poços construídos com jatos de água necessitam apenas equipamentos de bombeamento, e podem atingir 38 centímetros de diâmetro e 100 metros de profundidade. Este é um método recomendado para exploração e construção de pequenos poços tubulares, sempre que houver grande disponibilidade de água. (WAGNER e LANOIX, 1959).

Cabe ressaltar que a água subterrânea captada de pequena profundidade (menos de 10 metros) pode estar poluída de fontes de contaminação fecal, como aquela proveniente de fossas secas e sépticas. Este é o caso de muitos poços rasos, cujos métodos construtivos foram

anteriormente descritos. Neste sentido, é imprescindível que haja adoção de medidas de proteção sanitária, as quais serão discutidas no item 4.2.2.2.

4.2.2.1. Vulnerabilidade e fontes de contaminação

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolaram e guardam, portanto, estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridos ao longo de seu trajeto. Desta forma, a qualidade e a contaminação das águas subterrâneas dependem tanto de causas naturais – como fatores climáticos, geográficos, geológicos, topográficos etc. – como, e principalmente, das atividades antrópicas de cunho urbano, industrial e agrícola que ocorrem na superfície do terreno (FEITOSA e FILHO, 1998).

Assim, dado que a maior parte da água subterrânea tem origem a partir do excesso da chuva que direta ou indiretamente se infiltra na superfície do solo, as atividades humanas na superfície do terreno têm significativa influência nos mecanismos de recarga dos aquíferos, alterando a taxa, a frequência e qualidade da recarga do aquífero, o que representa ameaça à qualidade da água subterrânea. (FOSTER *et al.*, 2006).

No entanto, segundo Foster *et al.*(2006) a poluição efetiva dos aquíferos ocorrerá somente quando a carga contaminante gerada no subsolo por emissões e lixiviados produzidos pela atividade humana for inadequadamente controlada e exceder a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura. Logo, o perigo de contaminação da água subterrânea é dependente da interação entre:

- i. a vulnerabilidade do aquífero à contaminação, a qual é função das características naturais dos estratos que o separam da superfície da terra;
- ii. a carga contaminante, que é, será ou pode ser aplicada no meio como resultado da atividade humana.

Neste sentido, os autores atestam que pode existir alta vulnerabilidade do aquífero, mas nenhum perigo de poluição da água subterrânea, dada a ausência de carga significativa, e vice-versa; em ambos os casos há compatibilidade. Cabe ressaltar que é possível controlar ou modificar a carga contaminante, porém a vulnerabilidade do aquífero é essencialmente determinada pelo contexto geológico natural.

Desta maneira, a preocupação com a poluição da água subterrânea se concentra principalmente nos aquíferos freáticos ou não confinados – especialmente nas áreas em que a

zona vadosa é pouco espessa e o lençol freático é raso – e nos casos em que as formações geológicas levam à maior suscetibilidade à contaminação, como no caso dos calcários e aquíferos fissurais. No entanto, ainda há risco de poluição em pontos em que o aquífero é semiconfinado, se os aquitardes confinantes forem relativamente pouco espessos e permeáveis. (FEITOSA e FILHO, 1998; FOSTER *et al.*, 2006).

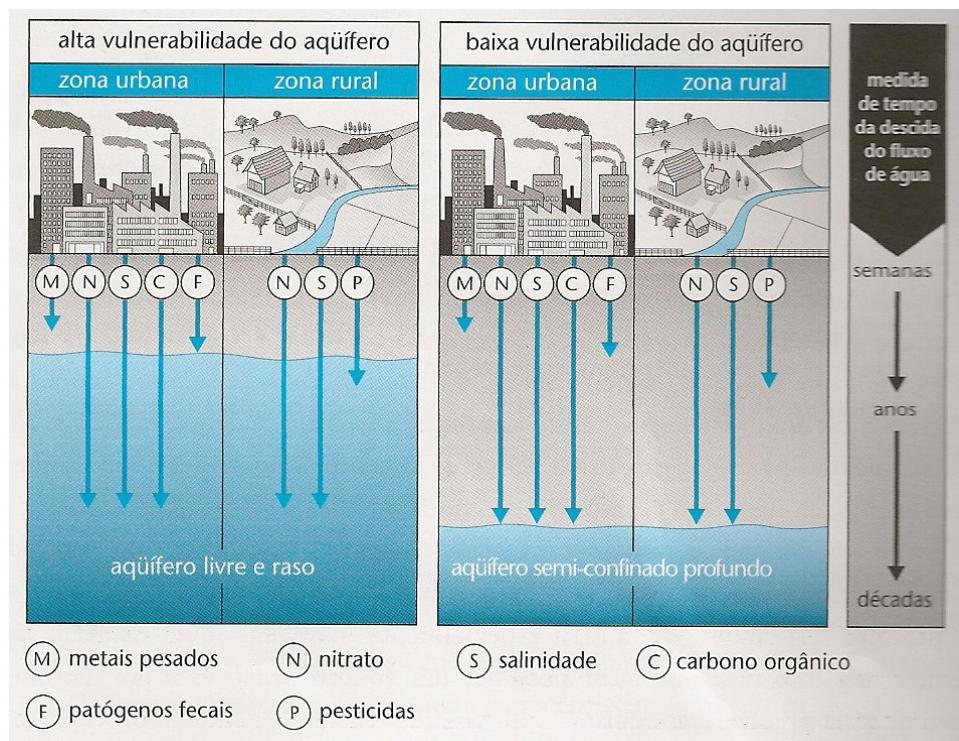


Figura 2. Comparação da vulnerabilidade dos aqüíferos à contaminação.

FONTE: Foster *et al.*, 2006.

Como exemplo de atividades contaminadoras, vale lembrar que são comuns problemas associados às descargas de efluentes líquidos industriais e domésticos, vazamentos de depósitos de combustíveis, chorumes provenientes de depósitos de lixo doméstico, descargas gasosas e de material particulado lançado na atmosfera pelas indústrias e veículos. Os principais contaminantes e sua associação com as atividades contaminadoras são apresentados na Tabela 1, e os principais processos são identificados na Figura 3 (FOSTER *et al.*, 2006):

Tabela 1. Principais contaminantes associados a diferentes atividades antrópicas.

Origem da Poluição	Tipo de contaminante
Atividade agrícola	Nitrato, amônio, pesticidas, organismos fecais
Saneamento <i>in situ</i>	Nitrato, hidrocarbonetos halogenados, microrganismos
Disposição de resíduos sólidos	Amônio, salinidade, hidrocarbonetos halogenados, metais pesados

FONTE: Foster *et al.*, 2006

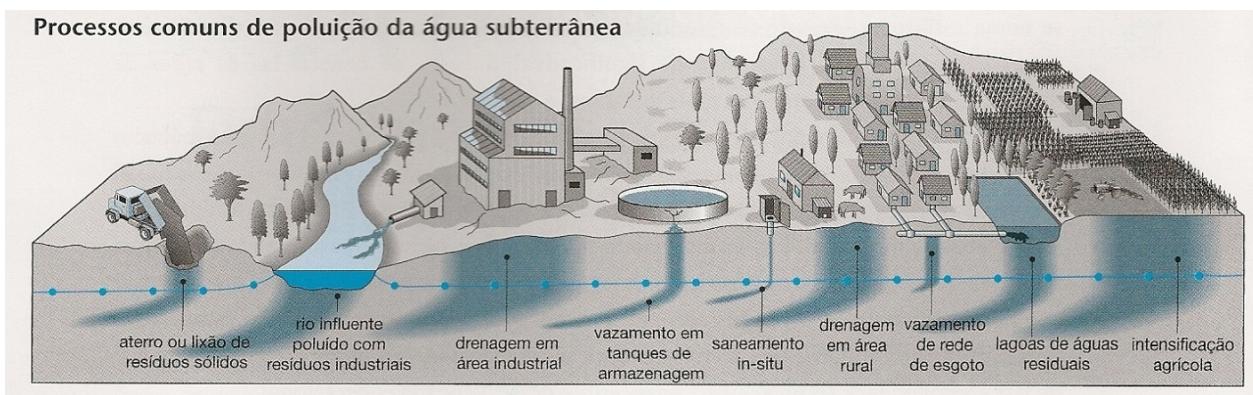


Figura 3. Processos comuns de poluição da água subterrânea

FONTE: Foster *et al.*, 2006

Como é possível observar na Tabela 1, a presença de nitrato nas águas subterrâneas pode ser indicativo de contaminação antrópica. Neste sentido, embora a Portaria nº518 de 2004 estabeleça como limite de potabilidade o valor de 10 mg/L para nitrato (BRASIL, 2004), Alaburda e Nishihara (1998) consideraram que concentrações de nitrato superiores a 3,0 mg/L são indicativas de contaminação por atividades antrópicas. Logo, ainda que este valor seja adequado para fins de consumo humano sob o aspecto de concentração de nitrato, é preciso atentar para demais contaminantes que podem estar presentes na água, neste caso descrito.

4.2.2.2. Proteção dos mananciais subterrâneos

A proteção das captações subterrâneas representa importante função na manutenção da qualidade da água utilizada para abastecimento, principalmente nos casos de aquíferos freáticos ou não confinados, os quais são indubitavelmente mais susceptíveis a contaminações – embora de captação menos onerosa – quando comparados aos artesianos ou confinados (PHILIPPI JUNIOR, 2004).

A conservação da bacia hidrográfica, com a consequente proteção dos mananciais, é sem dúvida o método mais eficaz para assegurar a qualidade da água destinada ao consumo humano. Para impedir os riscos de poluição e contaminação, pelo ser humano ou por animais, devem ser evitados lançamentos de despejos líquidos que contenham organismos patogênicos e substâncias tóxicas e recomenda-se disciplinar o desenvolvimento de atividades poluidoras. (DI BERNARDO, 1999).

Dada esta susceptibilidade, o extensivo emprego de poços rasos, ordinariamente definidos por apresentarem profundidade dez vezes superior ao diâmetro (e por raramente ultrapassarem 20 metros), favorece a perspectiva do consumo de águas subterrâneas como potenciais vias de transmissão de doenças de veiculação hídrica. Assim, é fundamental que se tomem medidas para evitar a extração de água contaminada no momento da construção e também na manutenção de poços rasos ou freáticos (DACACH, 1990; DANIEL, 2001; FOSTER *et al.*, 2006).

Primeiramente, o risco de contaminação pode ser minimizado pela proteção da borda do poço por meio do revestimento das paredes de alvenaria ou concreto, impedindo o carreamento das águas pluviais para o interior do mesmo e evitando o desmoronamento das paredes. Uma segunda escavação com 10 cm de largura, ao longo dos 3 metros iniciais da parede a ser preenchida, preferencialmente por concreto ou argila, minimizará a possibilidade de contaminação do poço. Ainda, a instalação de uma tampa de concreto e o emprego de bombas manuais ou elétricas – com vistas a evitar o uso de baldes e cordas – deverá assegurar uma melhor qualidade da água subterrânea (DANIEL, 2001).

Com vistas a fornecer recomendações para os poços escavados, Dacach (1990) afirma que eles devem ter paredes impermeabilizadas, a fim de impedir que a água pluvial que caia no terreno tenha acesso ao interior do poço antes de percorrer, por filtração natural, a distância vertical mínima de 3 metros, a qual é considerada capaz de atenuar os contaminantes. O poço deve ter cobertura estanque, geralmente uma laje impermeável de concreto armado, a qual deve ser estendida 0,60 m além do contorno do poço e deve possuir bordo de 0,10 m de espessura e centro de 0,20 m. Estes valores mínimos são destinados a garantir declividade satisfatória para o afastamento da água de chuva caída na laje. Nela será deixado um orifício para passagem da tubulação de água, bem como pinos de sustentação, diametralmente opostos, em relação ao mesmo orifício, e destinados à fixação da bomba. A Figura 4 ilustra as recomendações:

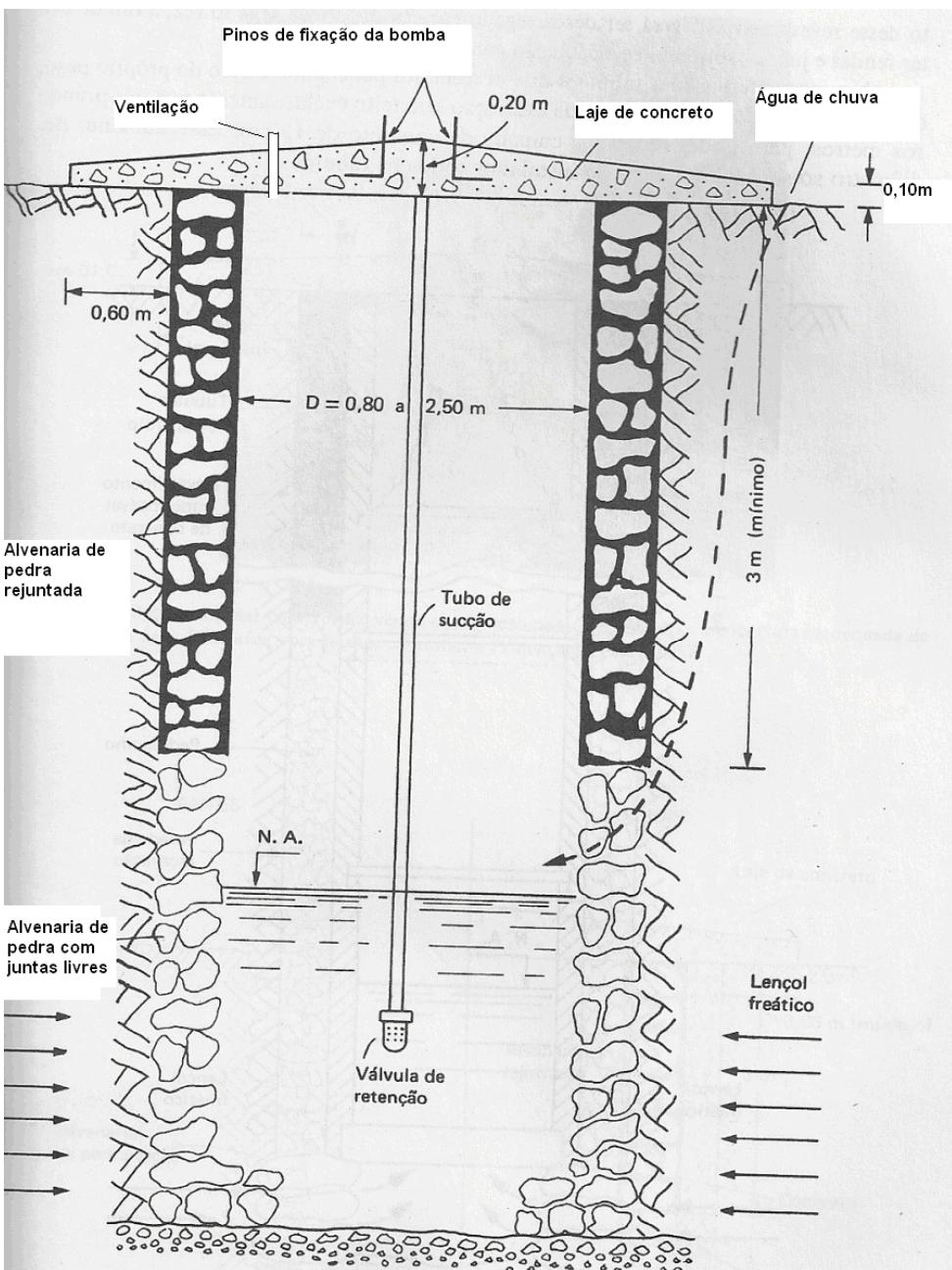


Figura 4. Poço escavado , com revestimento de alvenaria em pedra. A linha tracejada mostra o menor percurso d'água da superfície do terreno ao interior do poço.

FONTE: Adaptado de DACACH, 1990.

Estas recomendações são aplicáveis a qualquer poço raso – seja escavado, brocado, cravado ou construído com jato d’água. A Figura 5 mostra poço cravado e brocado, os quais

devem ter camada impermeável nos primeiros 3 metros a partir da superfície e cobertura na parte superior (WAGNER e LANOIX, 1959).

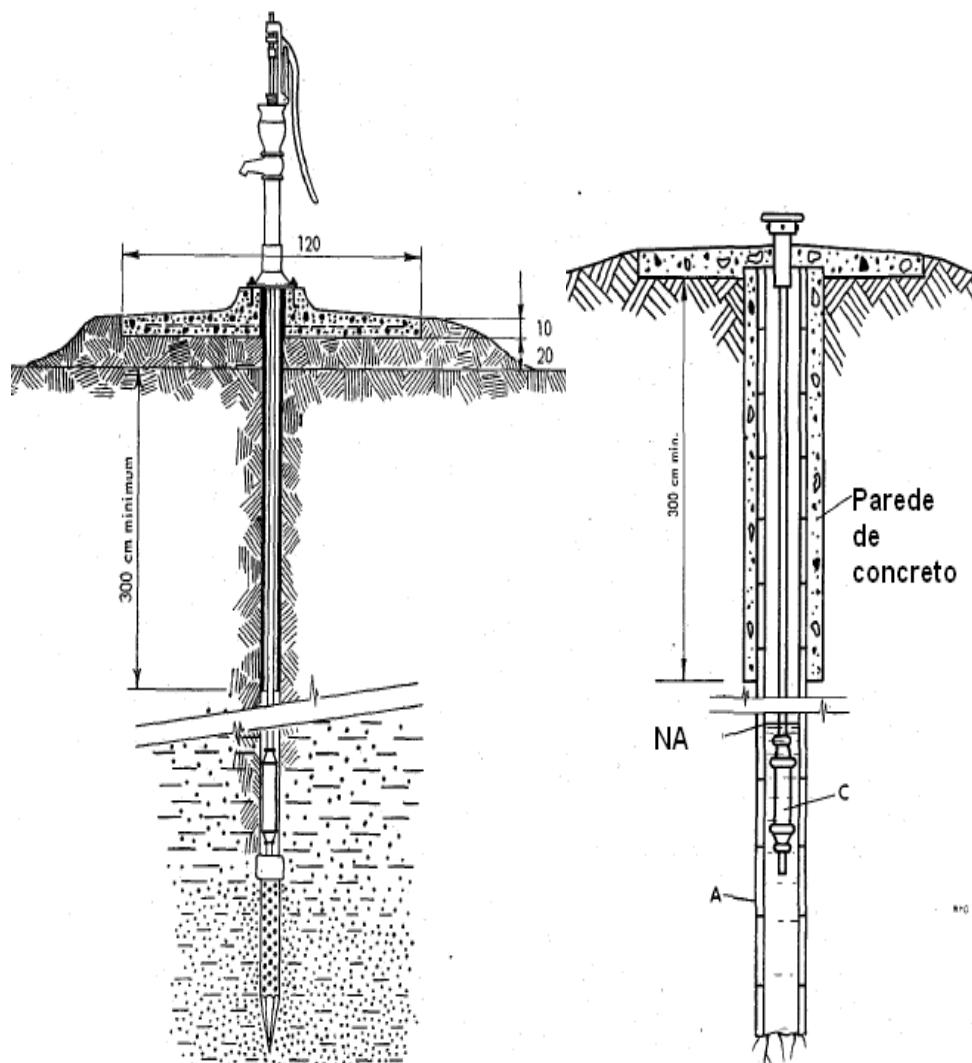


Figura 5. Poço cravado à esquerda e brocado à direita, ambos contendo proteção nos primeiros 3 metros a partir da superfície.

FONTE: Wagner e Lanoix, 1959.

Cabe ressaltar que estas recomendações não são seguidas freqüentemente, o que leva à existência de poços mal construídos, os quais não protegem adequadamente a água. Estes poços podem ser aproveitados após a adoção de certos melhoramentos, os quais foram descritos por Dacach (1990). O autor (*op.cit.*) cita os poços sem cobertura e totalmente revestidos com pedra seca, os quais podem ser adequados sanitariamente através de três procedimentos distintos:

- 1) Remoção do revestimento até 3m; aumento do diâmetro de escavação em 0,30m; reposição do revestimento removido tendo as pedras rejuntadas com argamassa

de cimento e areia. O espaço anular entre esse revestimento e a parede de escavação é destinado a receber uma camada impermeabilizante de concreto com 0,15m de espessura. Finalmente, será construída uma laje de cobertura, como descrita anteriormente. Esta alternativa está ilustrada na Figura 6.

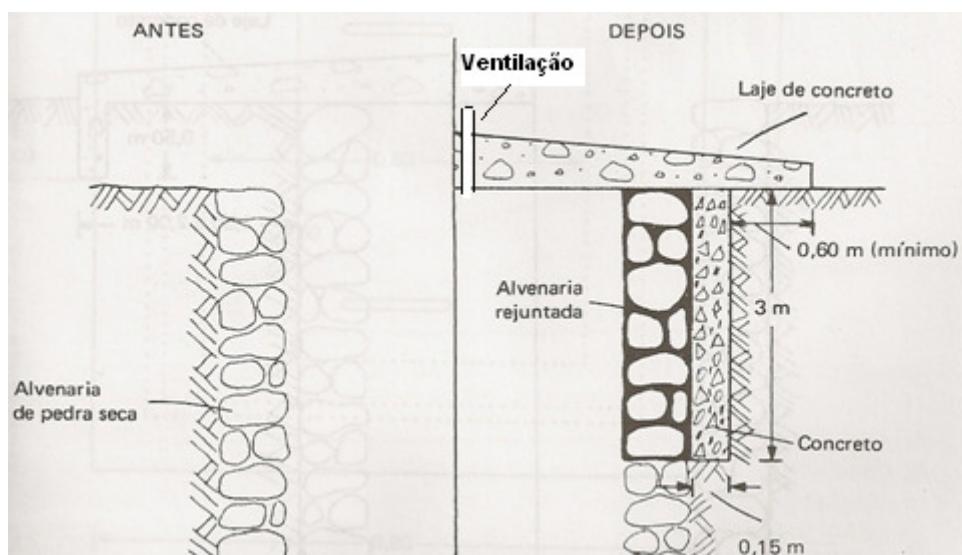


Figura 6. Melhoramento do poço, com impermeabilização das paredes nos três primeiros metros e construção de uma laje de cobertura de concreto.

FONTE: Adaptado de DACACH, 1990.

- 2) Outra alternativa de aproveitamento consiste em remover o revestimento original até a profundidade de 3m, aumentar de 0,30m, como no primeiro caso, e então instalar uma laje de concreto pré-fabricada, com diâmetro igual ao da nova escavação, sobre o topo do revestimento remanescente, a 3m de profundidade. O espaço vazio entre essa laje e o nível do terreno é preenchido com terra socada, sobre a qual é construída outra laje de concreto para instalação da bomba. Entre as duas lajes fica, na vertical, um tubo de ferro fundido, destinado à passagem da tubulação para extração de água. Esta alternativa é ilustrada na Figura 7.

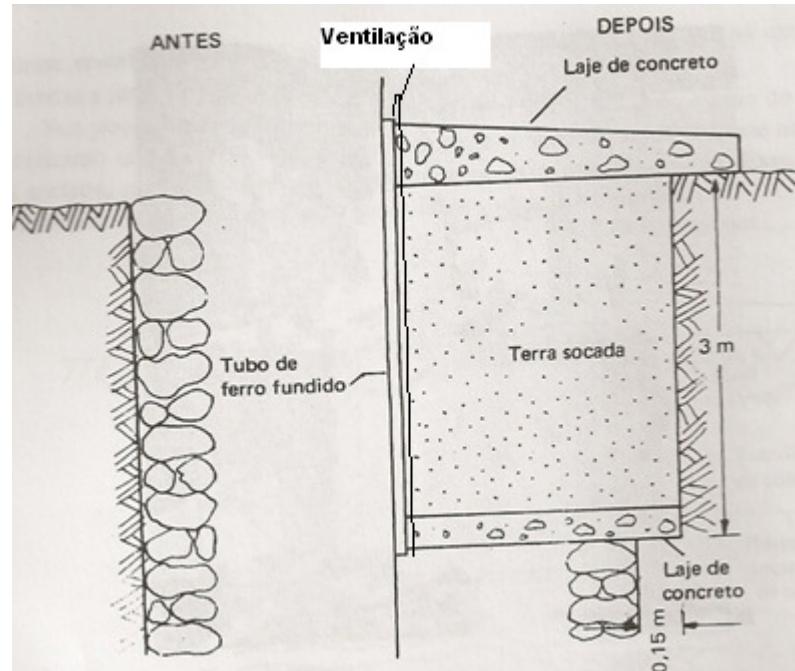


Figura 7. Melhoramento do poço com a construção de uma laje para receber terra socada, na espessura de três metros, além da laje de cobertura de concreto armado.

FONTE: Adaptado de DACACH, 1990.

3) Nesta ultima alternativa, o aproveitamento do poço também pode ter lugar com a construção de uma laje de cobertura, de grande diâmetro, terminando em seu contorno com um batente de 0,50m de altura, voltado para baixo, dentro do terreno, em condições de dificultar a passagem da água superficial para o interior do poço nos três primeiros metros do revestimento. Esta alternativa está ilustrada na Figura 8.

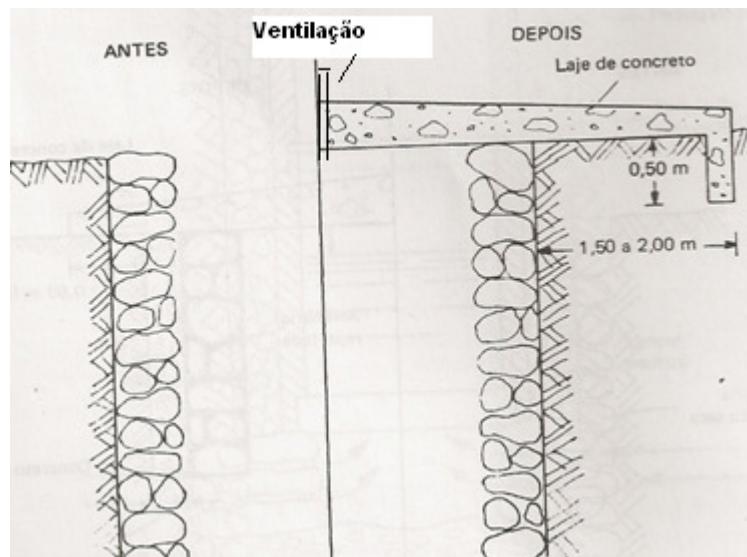


Figura 8. Melhoramento do poço, com laje de cobertura ampla, contornada por batente de 0,50m.

FONTE: Adaptado de DACACH, 1990.

Os poços profundos são menos suscetíveis à contaminação, dado que possuem profundidade entre 60 e 300 metros. Em função do tipo de solo, eles podem ser revestidos com tubos de aço ou cloreto de polivinil – PVC, para evitar desmoronamento ou contaminação. Também podem ser equipados com filtros e às vezes pré-filtros, na entrada da água do aquífero para o poço (PHILIPPI JUNIOR, 2004).

É importante frisar que as captações de água subterrânea expõem a água do lençol ao contato com o meio externo, o que as torna pontos de vulnerabilidade do aquífero caso não sejam projetadas, construídas e operadas adequadamente. Desta maneira, poços abandonados e não lacrados constituem um risco potencial à saúde e à segurança publica. (MORENO, 1995).

Por este motivo, no caso de abandono de um poço é preciso preencher sua porção inferior com concreto, argamassa ou argila que contenham propriedades seladoras semelhantes às do cimento. No caso de poços escavados ou perfurados, é necessário remover toda a borda dos mesmos, de forma que a água superficial não possa atingir as camadas subterrâneas através de materiais da borda que sejam porosos ou que contenham fraturas ou fissuras. Poços abandonados nunca devem ser utilizados para disposição de lixo e outros resíduos (U.S. EPA, 1992).

Além das medidas que visem à proteção das captações, anteriormente descritas, é necessário planejar a localização dos poços a serem utilizados para abastecimento, de forma a proporcionar distanciamento adequado das fontes de contaminação. Neste sentido, deve ser escolhido um ponto que favoreça o afastamento da água da chuva e que esteja o mais longe possível de qualquer fonte de poluição (PHILIPPI JUNIOR, 2004).

É recomendada, assim, a restrição de ocupação nas áreas ao redor do poço, a fim de minimizar as possibilidades de contaminação microbiológica e, consequentemente, as doenças de veiculação hídrica (DANIEL, 2001). Também é recomendada a delimitação de uma área de proteção imediata nas circunvizinhanças do poço, a qual deve abranger a distância mínima de 15 metros entre o poço e a fossa do tipo seca, 20 metros em relação a fossas sépticas e de 45 metros em relação a chiqueiros, estábulos, valões de esgoto, galerias de infiltração e outros (LUTTEMBARCK, 1989; PHILIPPI JUNIOR, 2004).

Estas recomendações, no entanto, precisam ser estudadas nos diferentes casos, dado que são frequentemente necessários maiores distanciamentos para a adequada proteção dos poços. Segundo a U.S. EPA (1992), quando um poço adequadamente construído penetra uma

formação inconsolidada (areia, argila, cascalho) com boas propriedades de filtração, ou quando o aquífero é separado das fontes de contaminação por estes tipos de materiais, normalmente a adoção de 15 metros de distanciamento entre o poço e a fonte de contaminação é suficiente. A aceitação de distâncias menores, no caso em que seja comprovada a suficiência de tal medida, compete a agências de saúde ou órgãos ambientais qualificados. Cabe ressaltar, no entanto, que mesmo nos casos em que as formações possuem boas propriedades de filtração, pode ser necessária a adoção de distanciamentos maiores que 15 metros, devido à possível existência de caminhos preferenciais no terreno.

Por outro lado, quando poços são construídos em formações consolidadas (calcário, rocha fraturada) ou em aquíferos de material muito grosso para proporcionar boa filtração, devem ser tomados maiores cuidados na adoção de medidas seguras, dado que é conhecido que os poluentes são capazes de viajar grandes distâncias nessas formações. Assim, devem ser conduzidos estudos geológicos e sanitários para a adoção de distâncias seguras; em nenhum caso devem ser aceitas distâncias menores que 15 metros, dado que é conhecido que os contaminantes podem percorrer quilômetros sem que haja atenuação. (HOFKES, 1988; U.S.EPA, 1992).

Por este motivo, Lewis *et al.* (1988) propuseram aumento da distância mínima entre o poço e as fontes de contaminação fecal para 25 ou até 30 metros. Por sua vez, Ehlers e Steel (1948), afirmaram que não há precauções que evitem o acesso, aos poços e fontes, de águas não filtradas penetrando por fendas e fissuras. É essencial, nesses casos, que haja adoção de mais uma barreira sanitária, a desinfecção.

Além disso, nestes casos, cabe ressaltar a importância do conhecimento do sentido do escoamento da água subterrânea, o que permite localizar adequadamente os poços, sempre a montante das fontes de contaminação (U.S.EPA, 1992).

Com base nas recomendações expostas, é preciso realizar adequado planejamento do uso e ocupação do solo, de forma a evitar a deterioração, a contaminação e a supressão dos ecossistemas. Estes processos envolvem eliminação de várzeas e áreas alagadas, alteração de vazões, aumento da exploração de aquíferos e contaminação por águas residuárias e esgotos domésticos, o que acaba por originar a problemática da quantidade de água disponível para consumo humano (SMET e VAN WIJK, 2002).

4.2.3. Captação de Água pluvial

Apesar de carecer de sais dissolvidos, a água da chuva, quando ainda na atmosfera, é praticamente desprovida de impurezas, fato que a torna interessante para captação e consumo humano. Sua captação, no entanto, deve ser cuidadosa de forma que não haja contaminação na superfície de coleta, o que a tornaria imprópria ao consumo (DACCACH, 1990).

Segundo Ehlers e Steel (1948), a água de chuva é considerada a mais garantida em diversas regiões do país, pelo fato de eliminar o perigo proveniente da contaminação do lençol ou de mananciais superficiais.

Os sistemas de captação são compostos basicamente por superfície de coleta, condutores (calhas, nos casos de captação a partir de telhados) e reservatórios ou cisternas. As superfícies de coleta podem ser, segundo Smet e van Wijk (2002):

a. Telhado das casas

Costuma ser a superfície de coleta mais comum; no entanto, é preciso atentar para o material de que são feitos e para a possibilidade de contaminação. Assim, muitos telhados não são adequados pela coloração e aumento da turbidez causados pela matéria orgânica. O amianto deve ser evitado pela incerteza em relação aos riscos fornecidos à saúde; o plástico, apesar de econômico, não é durável, e alguns materiais, como feltro betuminoso e papel reforçado com sisal são materiais recentemente desenvolvidos. Em relação à contaminação, cabe ressaltar que há acesso de pequenos animais ao telhado e deposição de poeira pelo vento; por isso é recomendado o refugo da porção inicial da água captada, através de dispositivos automáticos, sobretudo após longo período de estio. Estes dispositivos são ilustrados nas Figuras 9 e 10.

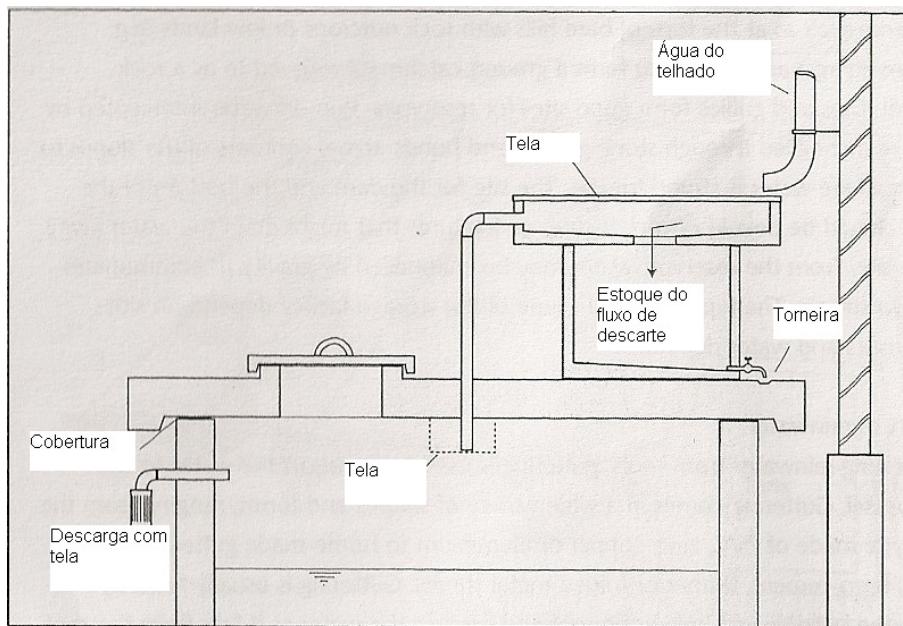


Figura 9. Arranjo para captação de água a partir do telhado e desvio da primeira descarga da chuva.

FONTE: Smet e van Wijk (2002).

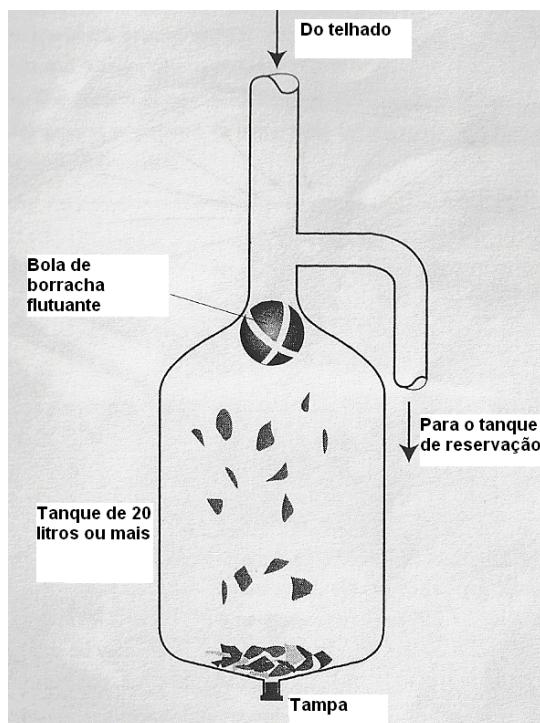


Figura 10. Sistema simples de desvio da primeira descarga da chuva.

FONTE: Smet e van Wijk (2002).

b. Captura a partir do terreno

A captura a partir do terreno varia segundo a sua cobertura (piso, concreto, asfalto, cobertura de plástico) e declividade, o que implica em menor ou maior perda por infiltração e evaporação. Através da preparação do terreno, é possível proporcionar um escoamento suficientemente rápido da água do ponto de coleta ao local de estoque: a porção de água coletada da chuva pode variar de 10% para terrenos planos a 90% para terrenos íngremes cobertos com materiais impermeáveis. As Figuras 11 e 12 ilustram possibilidades de sistemas para captura a partir do terreno.

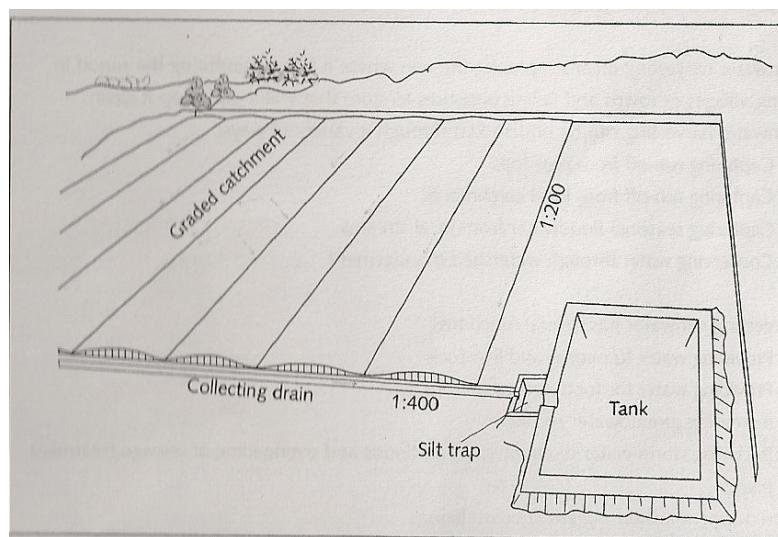


Figura 11. Captura de água pluvial de grandes dimensões.

FONTE: Smet e van Wijk (2002).

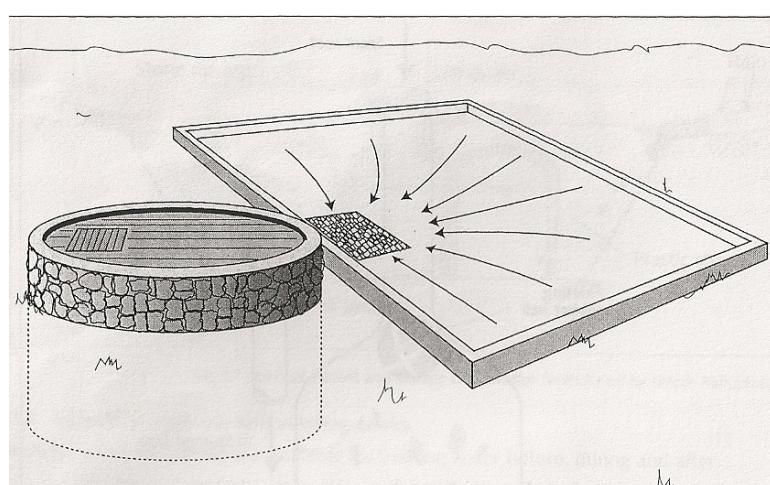


Figura 12. Captura de água pluvial de pequenas dimensões.

FONTE: Smet e van Wijk (2002).

O sistema de armazenamento é feito por meio de cisternas de plástico ou, principalmente quando de maior capacidade, de concreto armado. Pode ser também de alvenaria, com paredes revestidas internamente com argamassa de cimento e areia, e lajes de fundo e cobertura de concreto armado. Na cobertura deve ficar uma abertura sanitária de inspeção (DACCACH, 1990).

Segundo Smet e van Wijk (2002), o sistema de armazenamento normalmente compreende o maior investimento no sistema de coleta de água pluvial doméstico. Há possibilidade de localização dos tanques na superfície do terreno ou enterrados, e esta última opção possui a vantagem de deixar a água fresca, diminuir as perdas por evaporação e, ainda, levar a menores gastos de implantação, sempre que algumas características do solo sejam satisfeitas.

Cabe ressaltar que a captação de água de chuva é alternativa de abastecimento de água não só para o Nordeste brasileiro, mas também para comunidades da Amazônia, onde, apesar da abundância dos recursos hídricos, há períodos de drástica redução do volume dos rios e lagos, deixando a população ribeirinha sem água de boa qualidade para consumo. Nestes locais, esta solução é capaz de atender satisfatoriamente as demandas e pode auxiliar na diminuição do risco da utilização de mananciais contaminados. Ainda, dado que há curtos períodos de seca, normalmente são requeridas pequenas capacidades de reservação, o que implica em menor custo (HOFKES, 1988; SMET e VAN WIJK, 2002).

Para fins de exemplificação, pode ser citado o PROCHUVA⁴ - Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares, Aproveitamento e Armazenamento de Água de Chuva – do Governo do Amazonas, o qual auxilia na redução dos casos de diarréias, hepatites e outras doenças transmitidas pela água através do favorecimento da captação de água de chuva para consumo humano. O programa promove o fornecimento de kits compostos de telhas, calha, tubulação e reservatório de água de 500 litros.

Os parâmetros que determinam as dimensões do sistema de captação de água pluvial são (HOFKES, 1988; SMET e VAN WIJK, 2002):

- quantidade total de chuva;
- periodicidade das chuvas;
- área de coleta;

⁴ Informações disponíveis em <http://www.sec.am.gov.br/noticia.php?xcod=3819>

- capacidade de reserva;
- consumo diário e número de usuários;
- fontes alternativas de água;
- usos requeridos.

Finalmente, tendo como base este parâmetros, um simples dimensionamento do tanque pode ser feito:

$$V = (t \cdot n \cdot q)$$

em que:

V = volume do tanque

t = número de dias sem chuva

n = número de usuários do tanque

q = consumo médio total por pessoa por dia (incluindo diversos usos).

É recomendado, no entanto, aumento de 20% neste volume por questões de segurança. Por outro lado, para cálculo da superfície de coleta, pode ser feito o seguinte cálculo:

Consumo anual (Q_a)

$$Q_a = n \cdot q \cdot 365$$

Superfície de coleta requerida (A)

$$A = Q_a / (C_r \times p)$$

em que:

C_r = coeficiente de *run-off* da superfície de coleta, variando normalmente de 0,3 a 0,9.

p = precipitação anual

4.2.4. Tratamento da água

O tratamento de águas de abastecimento pode ser definido como o conjunto de processos e operações realizados com a finalidade de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta com padrões organolepticamente agradáveis e que não ofereçam riscos à saúde humana (VON SPERLING, 2005). Estes padrões são determinados por órgãos competentes por intermédio de legislação específica; no caso do Brasil, como

anteriormente discorrido, a qualidade da água para consumo humano é especificada pela Portaria 518 do Ministério da Saúde, de 2004 (BRASIL, 2004).

As tecnologias de tratamento de águas para abastecimento podem ser desenvolvidas a partir de sistemas centralizados ou descentralizados. No caso de sistemas centralizados, é comum a utilização de tratamento convencional, que inclui todas as etapas tradicionais do processo (coagulação, floculação, decantação e filtração), e não-convencional, o qual inclui a filtração direta ascendente e descendente, a dupla filtração e a filtração lenta (DI BERNARDO, 2003).

No entanto, em muitos países em desenvolvimento, não há disponibilidade de recursos financeiros para construir estações de tratamento sofisticadas, o que exige que os pesquisadores difundam as tecnologias apropriadas, visando convertê-las em projetos realistas, econômicos e confiáveis (DI BERNARDO, 1999). Neste sentido, Dacach (1962) ressaltou que, embora seja necessário indicar soluções mais acertadas para os problemas de saneamento, é preciso ter sempre em mente a condição brasileira – de país com recursos limitados. Assim, é preciso considerar a adoção de tratamentos simplificados, a fim de melhorar, ao menos, a parcela para beber.

Pelo exposto, Quick *et al.* (1999), em seus trabalhos desenvolvidos na Bolívia, observaram que os principais meios de transmissão de doenças diarréicas são as águas contaminadas por coliformes fecais, as quais causam morbidade e mortalidade infantil nos países em desenvolvimento. A intervenção para melhoria deste quadro consistiria no tratamento da água com adição de cloro, no armazenamento apropriado e em ações de educação ambiental. Essas ações não envolvem alto custo e poderiam reduzir em 20% ou mais a incidência de diarréia nestes locais.

Por este motivo, além dos sistemas centralizados de tratamento, são frequentemente utilizados os descentralizados, dado que os primeiros podem ser proibitivamente caros e, devido à falta de operadores treinados, à limitação financeira e de infra-estrutura e à contaminação na rede, acabam por levar à distribuição de água contaminada. Pelo exposto, os sistemas descentralizados se constituem em alternativa importante em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, sempre que os sistemas centralizados forem deficientes ou ausentes (MEIERHOFER, 2002; PETER-VARBANETS *et al.*, 2009).

Por este motivo, tem aumentado a importância dos sistemas descentralizados nos casos em que os governos não estão aptos ou não querem investir na melhoria dos sistemas

centralizados de abastecimento de água, o que impele a comunidade local ou ao setor privado a adotarem soluções descentralizadas. Entre os sistemas descentralizados, podem ser citados (PETER-VARBANETS *et al.*, 2009):

- i. Aqueles que visam o tratamento da água apenas destinada a beber;
- ii. Aqueles que visam o tratamento da água que entra no domicílio;
- iii. Sistemas de pequena escala, normalmente compreendendo sistemas maiores que os anteriores, mas ainda menores que os sistemas centralizados. Pode compreender sistemas de tratamento de mais domicílios.

Os sistemas descentralizados podem, ainda, ser atrelados aos centralizados, quando estes distribuírem água de qualidade insatisfatória. Estes sistemas, denominados duais, podem proporcionar tratamento grosseiro centralizado seguido de tratamento final, a fim de tornar a água potável em nível domiciliar. Um caso deste tipo de sistema, denominado dual, pode ser exemplificado por Daqing, na China, onde a falta de capital suficiente para a ampliação e melhoria de todo o sistema de abastecimento levou à adoção de sistema paralelo de tratamento, em que a água tratada era distribuída por nova rede ou por garrafas. (PETER-VARBANETS *et al.*, 2009).

Cabe ressaltar, no entanto, que não cabe ao consumidor a responsabilidade de controlar a potabilidade da água consumida, mesmo porque ele somente é capaz de avaliar poucos parâmetros. Assim, devem ser priorizados investimentos em sistemas centralizados, os quais, se adequadamente geridos, proporcionam maior segurança à água consumida (JULIÃO, 2003).

Pelo exposto, serão abordadas neste item opções de tratamento a serem implantadas a nível de comunidade (centralizado) e a nível domiciliar (descentralizado) a fim de proporcionar base para melhor discussão e escolha de alternativas. Serão abordadas apenas etapas de tratamento que têm importância e aplicabilidade no caso deste estudo.

Cabe ressaltar, finalmente, que na seleção de tecnologia de tratamento é preciso assegurar a sustentabilidade do sistema, o qual desempenha papel importantíssimo para que seja continuamente produzida água com qualidade satisfatória e quantidade compatível com as necessidades da população durante o período de projeto para o qual será construído. A sustentabilidade do sistema é função de vários fatores, tais como: cultura e costumes da população, nível de mobilização social, capacidade de investimento, existência de mão de

obra qualificada, disponibilidade de materiais de construção e de produtos químicos na região, porte do sistema, confiabilidade na operação e manutenção, padrão de potabilidade a ser atendido, quadro de saúde da população, entre outros (DI BERNARDO, 1999).

Se houver mais de uma alternativa, deve ser feito um estudo comparativo para a definição daquela a ser adotada, a qual considere não apenas fatores de ordem econômica, como também aqueles relacionados à maior ou menor sustentabilidade da solução por ocasião da implantação e durante a operação e manutenção do sistema. Assim, aspectos a serem considerados nessas fases, incluem a educação sanitária, a participação comunitária, a avaliação da eficiência e da eficácia da intervenção e a integração com demais políticas públicas como a de saúde pública, de planejamento urbano, ambiental e de recursos hídricos (DI BERNARDO, 1999).

É importante frisar, como exposto anteriormente, que a conservação da bacia hidrográfica, com a consequente proteção dos mananciais, é sem dúvida o método mais eficaz para assegurar a qualidade da água destinada ao consumo humano, bem como diminuir futuros gastos com tratamento da água a ser consumida. Devem ser adotadas, sempre que possível, múltiplas barreiras contra as doenças de veiculação hídrica, aliando, por exemplo, a proteção sanitária de mananciais à desinfecção ou tratamento das águas dos abastecimentos públicos. Mesmo em mananciais de elevado grau de pureza, é essencial que haja proteção sanitária dos locais de captação, de forma a fornecer barreira importante aos microrganismos (MACEDO, 1993).

4.2.4.1. Padrões de potabilidade

A água destinada ao consumo humano deve atender a critérios rigorosos de qualidade e, para tanto, não deve conter elementos nocivos à saúde (substâncias tóxicas e organismos patogênicos) e nem possuir sabor, odor ou aparência desagradável. Uma água própria para este fim é denominada água potável, e a característica que a ela deve atender é chamada de padrões de potabilidade. No Brasil estes padrões são estabelecidos pela Portaria nº 518 de 2004, do Ministério da Saúde, a qual define os limites máximos para cada elemento ou substância química (TSUTIYA, 2006).

A Tabela 2 apresenta os parâmetros microbiológicos de qualidade da água para consumo humano, segundo a Portaria 518 de 2004⁵.

⁵ Disponível em http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf.

Em complementação às exigências da Tabela 2, devem ser obedecidos os padrões de turbidez, expressos pela Tabela 3, para que seja assegurada a qualidade microbiológica da água.

Tabela 2. Parâmetros microbiológicos de qualidade da água para consumo humano, segundo a Portaria 518 de 2004.

PARÂMETRO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Água para consumo humano	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras/mês: ausência em 100mL em 95% das amostras Sistemas que analisam menos de 40 amostras/mês: apenas uma amostra poderá apresentar resultado positivo.

Tabela 3. Limites de valores de turbidez para diferentes níveis de tratamento da água, segundo a Portaria 518 de 2004.

TRATAMENTO DA ÁGUA	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Desinfecção (água subterrânea)	1 UT ⁽¹⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1 UT ⁽¹⁾
Filtração lenta	2 UT ⁽¹⁾ em em 95% das amostras

(1) Unidade de Turbidez.

Ainda segundo a Portaria 518, após a desinfecção a água deverá conter teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição. Também é recomendado que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Em relação aos limites de substâncias químicas, a referida Portaria apresenta diversos. De interesse a este trabalho, vale destacar o nitrato que, como exposto anteriormente, é

indicativo de contaminação antrópica. Para este composto é estabelecida a concentração limite de 10 mg/L.

A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo, determinado por diversos parâmetros, dos quais alguns são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros de aceitação pelo consumidor, segundo limites estabelecidos pela Portaria 518 de 2004.

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cor aparente	uH	15
Dureza	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Odor	-	Não objetável
Gosto	-	Não objetável
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Turbidez	UT	5

Além destes parâmetros, a Portaria recomenda:

- i. Manutenção do pH da água entre 6,0 e 9,5 no sistema de distribuição;
- ii. Teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, igual a 2,0 mg/L.
- iii. A realização de testes para detecção de odor e gosto nas amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição.

4.2.4.2. Doenças de veiculação hídrica

As doenças de veiculação hídrica constituem no grupo no qual o agente patogênico é ingerido junto com a água. Neste caso, é de especial importância a contaminação da água abastecida por fezes humanas – por redes de esgotos, tanques sépticos ou latrinas – ou ainda por fezes de animais. A sobrevivência de microrganismos no ambiente, a temperatura da água e a presença de partículas suspensas e coloidais também são fatores significativos para a prevalência das doenças de veiculação hídrica (SMET e VAN WIJK, 2002).

A contaminação da água é detectada pela presença de “coliformes” – grupo de bactérias pertencente à família *Enterobacteriaceae* que representa a maior e mais heterogênea coleção de bacilos Gram-negativos de importância clínica e que são considerados os

principais anaeróbios facultativos presentes no intestino grosso. O gênero *Escherichia* consiste em cinco espécies e a *Escherichia coli* é a mais comum e clinicamente importante, por ser bactéria termotolerante, de origem exclusivamente fecal, utilizada como indicador de contaminação da água por fezes de animais ectotérmicos (VON SPERLING, 2005).

Tendo em vista a utilização do grupo coliforme para a detecção de contaminação da água por patógenos, o manual da WHO (1997⁶ apud MEIERHOFER, 2002) apresenta a seguinte relação de risco à saúde de acordo com o número de coliformes por 100 mL:

Tabela 5. Relação de risco à saúde e número de coliformes por 100 mL de água consumida.

Classificação dos coliformes fecais em suprimentos de água

Nº de coliformes por 100 mL	Observações
0	De acordo com o manual da OMS.
1-10	Baixo risco
10-100	Risco intermediário
100-1000	Alto risco
>1000	Risco muito alto

FONTE: Meierhofer e Wegelin, 2002.

Neste sentido Nakamoto (2009) defendeu não ser necessária a esterilização da água para abastecimento, como ocorre no caso da cloração. O autor defendeu ser necessário apenas diminuir os valores a faixas aceitáveis, as quais levariam a baixos riscos à saúde. Isto pode ser alcançado não apenas através de métodos de desinfecção, como também por outras tecnologias, como a filtração lenta.

Os principais agentes biológicos encontrados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, responsáveis por numerosos casos de enterites, diarréias infantis e doenças epidêmicas, como a febre tifóide e o cólera, com resultados freqüentemente letais; e os vírus, que são mais comumente encontrados nas águas contaminadas por dejetos humanos, com destaque para os da poliomielite e da hepatite infecciosa (SMET e VAN WIJK, 2002).

A Tabela 6 mostra algumas doenças de veiculação hídrica relacionadas às fontes de contaminação.

⁶ WHO – World Health Organization. *Guidelines for Drinking water quality*. Vol. 3, Geneva. 1997.

Tabela 6. Principais doenças de veiculação hídrica e fontes de contaminação.

Doença	Agente etiológico	Sintomas	Fontes de contaminação	Persistência em suprimentos de água
Febres tifóide e paratifóide	<i>Salmonela typhi</i> <i>Salmonela paratyphi A e B</i>	Febre elevada, diarréia	Fezes humanas	Moderada
Disenteria bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Diarréia	Fezes humanas	Curta
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarréia, abcessos no fígado e intestino delgado	Fezes humanas	Moderada
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarréia e desidratação	Fezes humanas e águas costeiras	Moderada
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	Diarréia, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais	Moderada
Hepatite A e B	<i>Vírus da Hepatite A e B</i>	Febre, icterícia	Fezes humanas	Desconhecida
Poliomelite	<i>Vírus da poliomelite</i>	Paralisia	Fezes humanas	Desconhecida
Cryptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Cryptosporidium muris</i>	Diarréia, anorexia, dor intestinal, náusea, indigestão, flatulência	Fezes humanas e de animais	Baixa
Gastroenterite	<i>E. coli</i> , <i>C. jejuni</i> , <i>Y. enterocolitica</i> , <i>A. hydrophila</i> , <i>Rotavírus</i> .	Diarréia	Fezes humanas	Moderada

FONTE: Adaptado de Daniel (2001) e Meierhofer (2002).

A análise dos principais sintomas relacionados às doenças de veiculação hídrica permite inferir a predominância da diarréia entre eles. Este sintoma é acompanhado da perda de líquido pelo organismo, podendo representar risco de vida particularmente em crianças e pessoas subnutridas ou com baixa resistência. Ocorre em todo mundo, principalmente em locais com deficiências no suprimento de água adequada ao consumo humano e quando não existem ou são precários os hábitos de higiene básica. Pode ser transmitida também por alimentos contaminados – pela irrigação com água contaminada, por condições de estocagem insalubres ou por peixes de água poluída (DANIEL, 2001; SMET e VAN WIJK, 2002).

Segundo a OMS, a diarréia é responsável por 4% das mortes no mundo, e no sudeste asiático e na África esta porcentagem sobe para 8.5% e 7.7%, respectivamente. Anualmente há cerca de 4 bilhões de casos de diarréia ao redor do mundo, causando 2,2 milhões de mortes, principalmente entre crianças com menos de 5 anos. Isso é equivalente a uma criança morrendo a cada 15 segundos.

Algumas das medidas para prevenção das doenças de veiculação hídrica, que podem diminuir os casos de diarréia em cerca de ¼ e 1/3, incluem:

- i. Acesso a água adequada e segura ao consumo humano;
- ii. Sistemas de esgotamento sanitário adequados;
- iii. Bons hábitos de higiene pessoal e alimentar;
- iv. Educação sanitária envolvendo as formas de contaminação.

4.2.4.3. Alternativas de tratamento por sistemas centralizados

O tratamento convencional envolve coagulação/flocação, sedimentação, filtração e desinfecção, o que, como exposto anteriormente, normalmente envolve estruturas e produtos de alto custo. Desta forma, este tratamento não possui relevância para este trabalho e, portanto, não será abordado.

Por outro lado, serão abordados sistemas de tratamento não convencionais, como a filtração lenta e a filtração em múltiplas etapas. A tecnologia de tratamento de água por filtração direta, embora mais acessível que o tratamento convencional, não será abordada dadas as restrições de aplicação em países em desenvolvimento, nos quais há limitações da utilização de tecnologias que utilizem coagulação química (DI BERNARDO, 1999).

Cabe ressaltar que, se em razão das características físico-químicas e bacteriológicas da água bruta não for possível assegurar sua potabilização por meio dessas tecnologias, será necessário o emprego do tratamento em ciclo completo, que caracteriza as ETAs que possuem unidades de mistura rápida, flocação, decantação (ou flotação) e filtração. Portanto, a escolha da tecnologia de tratamento depende basicamente da qualidade da água bruta e da qualidade desejada para o efluente final (DI BERNARDO, 2003; PHILIPPI JUNIOR, 2004).

4.2.4.3.1. Filtração lenta

Filtração é o processo no qual a água é purificada através da passagem por material ou meio poroso – imprescindível para produção contínua e segura de água potável (HOFKES,

1988). Dependendo da taxa de filtração, esta pode ser denominada lenta ou rápida; usualmente, os filtros rápidos funcionam com taxas de filtração entre 150 e 600 m/d enquanto os filtros lentos operam com taxas geralmente inferiores a 6 m/d. No entanto, há indicações na literatura de aplicação de taxas superiores na filtração lenta (DI BERNARDO, 1999).

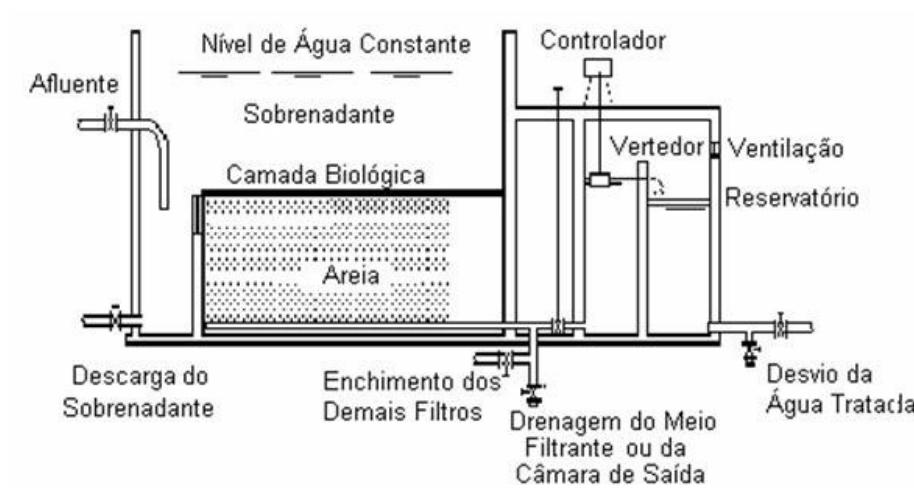


Figura 13. Esquema de Filtro Lento.

FONTE: Di Bernardo (1999).

Para eficiente uso da filtração rápida, é necessário o pré-tratamento da água bruta com coagulação química, podendo ou não haver floculação e decantação ou flotação, dependendo da qualidade da água a ser tratada. No caso da filtração lenta em areia, em inglês *slow sand filtration*, não são necessários produtos químicos e é utilizado apenas um leito contendo areia fina, através do qual a água vagarosamente percola. A remoção de impurezas acontece pela combinação de diferentes processos, tais como sedimentação, adsorção, filtração e, mais importante, atividade microbiana e bioquímica. A purificação pode ocorrer na camada sobrenadante, mas se processa majoritariamente na camada superior do leito filtrante, denominada *Schmutzdecke* (HOFKES, 1988).

Cabe ressaltar que, pelo fato de na filtração lenta não ser utilizada a coagulação química, a água a ser filtrada deve possuir características apropriadas, caso contrário o processo é ineficaz. Neste sentido, Di Bernardo (1999) afirmou que a eficiência da filtração lenta é substancialmente afetada pela turbidez da água a ser tratada, pois tal parâmetro de qualidade reflete a quantidade de pequenas partículas presentes na água, às quais muitos microrganismos encontram-se aderidos. Para que a filtração lenta produza água filtrada com turbidez relativamente baixa, sem interferir na eficiência da desinfecção final e possibilitando

carreiras de duração razoável (geralmente superior a 1 mês), muitos pesquisadores limitam em 10 uT a turbidez da água afluente aos filtros lentos. Outras limitações da qualidade da água para tratamento por filtração lenta são apresentadas por Smet e van Wijk (2002) e mostrados na Tabela 7:

Tabela 7. Valores de parâmetros máximos permitidos para adequada filtração lenta.

Parâmetros de qualidade	Spencer, et al (1991) .	Cleasby (1991)	Di Bernardo (1991)
Turbidez (NTU)	5-10	5	10
Cor verdadeira (Pt)	15-25		5
Ferro total (mg/L)	1	0.3	2.0
Manganês (mg/L)		0.05	0.2
Coliformes fecais (UFC/100 mL)			200
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	>6		
Fosfato (mg/L)	30		

FONTE: Adaptado de Smet e van Wijk (2002).

Em relação à limpeza necessária, cabe ressaltar que o material em suspensão é largamente retido nos primeiros 0,5 – 2 cm do leito, o que permite a limpeza do filtro através da raspagem da parte superior. Pelo fato de serem utilizadas pequenas taxas de filtração, o intervalo entre duas limpezas sucessivas pode ser de vários meses, em função da qualidade da água bruta. A limpeza do filtro não deve demorar mais do que um dia; no entanto, após a limpeza, um ou dois dias são requeridos até que o filtro volte a ser efetivo (HOFKES, 1988). Por este motivo Smet e van Wijk (2002) afirmam serem necessárias pelo menos duas unidades de filtração lenta funcionando em paralelo.

Uma das principais vantagens atribuídas ao filtro lento é a elevada eficiência de remoção de bactérias, vírus e cistos de Giárdia. A remoção de bactérias patogênicas e vírus no filtro lento é atribuída a vários fatores, destacando-se: o decaimento natural, devido o filtro lento ser um ambiente relativamente hostil para esses microrganismos; a predação; o efeito biocida da radiação solar; e a adsorção no biofilme aderido ao meio filtrante (HESPAÑOL, 1987⁷ apud DI BERNARDO, 1999). A Tabela 8 mostra alguns valores de remoção reportados por vários autores.

⁷ Hespanhol, I. *Filtração lenta*. In: Azevedo Netto, J.M. (ed.) *Técnicas de Abastecimento de Água*. Vol. 2. CETESB, São Paulo. 1987.

Tabela 8. Remoção de microrganismos em filtros lentos segundo vários pesquisadores.

Microrganismo	Percentagem de remoção (*)	Autor
Coliformes Totais	>99%	Bellamy <i>et al.</i> (1985a)
Vírus (Poliovírus 1)	98,25 - 99,99%	Poynter e Slade (1977)(**)
Cistos de <i>Giardia</i>	> 98%	Bellamy <i>et al.</i> (1985a)
Oocistos de <i>Cryptosporidium</i>	>99,9%	Timms <i>et al.</i> (1995)
Cercárias de <i>Schistosoma</i>	100%	Galvis <i>et al.</i> (1997)

(*) valores obtidos em estudos realizados em escala piloto

FONTE: Di Bernardo (1999).

No entanto, segundo Di Bernardo (1999), o fato de a filtração lenta ser caracterizada como eficiente barreira microbiológica não significa que a desinfecção da água filtrada deva ser questionada ou, sob qualquer pretexto, abandonada como parte integrante do tratamento. É imprescindível a desinfecção contínua do efluente do filtro lento como barreira final de segurança (particularmente quando a água bruta apresenta níveis altos de contaminação fecal) e para garantir os residuais na rede de distribuição.

Por outro lado, Nakamoto (2009) defendeu a eliminação da utilização do cloro no caso da utilização da filtração lenta como tratamento, dada à alta remoção de microrganismos que este processo proporciona. Neste sentido, o autor afirmou que a existência de até 100 bactérias por 1 mililitro de água não oferece risco a saúde humana, segundo referências mundiais, e que nenhum alimento ou utensílio é livre da existência de bactérias. Não seria necessário, assim, esterilizar a água, a fim de deixá-la completamente isenta de bactérias – como no caso da cloração; a filtração lenta seria suficientemente eficiente na produção de água para consumo humano.

Cabe ressaltar que, segundo Smet e van Wijk (2002), a filtração lenta não remove necessariamente todas as substâncias perigosas apontadas por padrões de potabilidade. Os autores apresentaram, assim, os valores típicos de eficiência de remoção que a filtração pode alcançar para diferentes parâmetros, os quais são apresentados na Tabela 9:

Tabela 9. Eficiências de tratamento de filtros lentos.

Parâmetro	Performance ou Eficiência de remoção	Comentários
Turbidez	<1NTU	O grau de turbidez afeta a capacidade de tratamento.
Carbono Orgânico Dissolvido	5-40%	Média em torno de 16%.
Cor verdadeira	25-40%	Média de 30%
Carbono Orgânico Total (COT), Demanda Química de Oxigênio (DQO)	<15-25%	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	46-75%	Média de 60%
Ferro e Manganês	30-90%	Concentrações de ferro superiores a 1mg/L reduzem as corridas do filtro.

FONTE: Adaptado de Smet e van Wijk (2002).

Pelo exposto, é possível afirmar que a filtração lenta é reconhecida como a tecnologia mais apropriada para tratar água para abastecimento de pequenas comunidades, devido a (HOFKES, 1988; DI BERNARDO, 1999; PHILIPPI JUNIOR, 2004):

- Potencial de produção de água limpa, com baixas concentrações de microrganismos e impurezas;
- Facilidade de construção, operação e manutenção, não necessitando equipamentos mecânicos e elétricos complexos;
- Possibilidade de construção a partir de materiais, mão-de-obra e habilidades locais;
- Não utilizar coagulantes químicos, soda ou cloro, os quais frequentemente precisam ser importados.

Como desvantagem, a literatura cita a necessidade de grande área de implantação e a limitação da turbidez da água bruta (PHILIPPI JUNIOR, 2004). O primeiro fator não é usualmente de importância no caso de pequenas comunidades ou em zonas rurais de países em desenvolvimento (HOFKES, 1999). O segundo fator, por sua vez, pode ser contornado através da adoção de etapas de pré-tratamento que possibilitem a atenuação das variações de

turbidez. Esta possibilidade já tem sido utilizada atualmente, com adoção de pré-filtros de pedregulho (DI BERNARDO, 1999), e é mais bem abordada no item no item 4.2.4.3.2.

4.2.4.3.2. Filtração em múltiplas etapas

Segundo Di Bernardo (1999), a Filtração em Múltiplas Etapas – FiME é uma tecnologia de tratamento que tem sido utilizada em alguns países da América do Sul, tendo tido sua eficácia comprovada tanto em instalações piloto quanto em protótipos para o tratamento de água com qualidade variável. Segundo Smet e von Wijk (2002) a combinação de pré-tratamento – usualmente filtração grosseira em cascalho – à filtração lenta permite tratamento de águas com altos níveis de contaminação, muito superiores àqueles permitidos pela filtração lenta isolada.

Basicamente, uma instalação FiME é composta por alguma combinação entre a pré-filtração dinâmica, a pré-filtração grosseira e a filtração lenta. A pré-filtração dinâmica pode atuar na remoção de impurezas ou no amortecimento dos picos de turbidez ou de sólidos suspensos. A remoção de organismos é substancial, tendo sido reportadas eficiências da ordem de 80 a 90 % de remoção de coliformes totais e fecais nas unidades de pré-filtração dinâmica, o que assegura o funcionamento adequado e seguro da tecnologia de tratamento posterior sem coagulação química. Há situações em que a filtração lenta precedida da pré-filtração dinâmica pode ser alternativa apropriada (DI BERNARDO, 1999).

No caso de adoção de pré-filtração grosseira após a pré-filtração dinâmica, esta pode ser projetada tanto para remover impurezas quanto para amortecer picos de turbidez ou de sólidos suspensos, o que dependerá essencialmente da qualidade da água bruta. A literatura apresenta substancial remoção de algas, coliformes, protozoários, metazoários e rotíferos nos pré-filtros em pedregulho de escoamento vertical ascendente, de modo que, precedidos por pré-filtros dinâmicos, esse tipo de pré-tratamento pode resultar muito seguro do ponto de vista sanitário e altamente recomendável para comunidades de pequeno e médio porte, adequando as características da água para posterior tratamento por meio da filtração lenta. Dado que grande parte das impurezas pode ser retida nos pré-filtros com escoamento vertical ou horizontal, é conveniente que estas unidades possuam dispositivos para a realização de descargas de fundo periódicas (DI BERNARDO, 1999).

Cabe ressaltar que outras etapas de tratamento podem preceder a FiME ou atuar como pré-tratamento à filtração lenta, como a sedimentação simples usando coagulantes naturais, o

que flexibiliza ainda mais o emprego desta tecnologia. Sempre que possível, por outro lado, deve-se incluir a desinfecção como barreira a mais (DI BERNARDO, 1999; SMET e VON WIJK, 2002).

Este sistema é adotado em diversos países da América Latina, onde mais de 100 sistemas estão em operação atualmente, produzindo efluentes com baixo risco sanitário antes da desinfecção final e com baixos custos de manutenção e operação. No caso da Colômbia, todos os sistemas são administrados por organizações comunitárias com algum suporte institucional (SMET e VAN WIJK, 2002).

4.2.4.3.3. Desinfecção

O principal risco associado à água destinada para beber em países em desenvolvimento está atrelado à contaminação microbiana (QUICK *et al*, 1999; PETER-VARBANETS *et al*, 2009), de onde ganham importância os processos de desinfecção da água.

O processo de desinfecção das águas pode acontecer por meio de agentes físicos, exemplificados pela utilização da irradiação com luz de baixo comprimento de onda (ultravioleta - UV), pela fotocatálise heterogênea, pela radiação solar e pela fervura (DACCACH, 1990; DANIEL, 2001). Devido à baixa aplicabilidade dos processos envolvendo radiação ultravioleta e fotocatálise heterogênea, por envolverem tecnologia e equipamentos não disponíveis em pequenas comunidades, estes não serão abordados. A radiação solar e a fervura, por outro lado, serão abordadas posteriormente (item 4.2.4.4.3), dado que compreendem, majoritariamente, sistemas de uso doméstico.

Por sua vez, merecem destaque os processos de desinfecção que envolvem a utilização de agentes químicos. Os desinfetantes mais utilizados são o hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio e o cloreto de cal, com destaque também para o cloro (Cl_2), líquido ou gasoso, o qual é utilizado na grande maioria das estações que tratam água superficial ou subterrânea. Outros desinfetantes utilizados são o ozônio (O_3), dióxido de cloro (ClO_2), o permanganato de potássio (KMnO_4), a mistura ozônio/peróxido de hidrogênio ($\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$) o íon ferrato (FeO_4^{2-}) o ácido peracético (CH_3COOOH) e outros agentes em fase de pesquisa e desenvolvimento, como sais de prata, sais de cobre e detergentes (DANIEL, 2001).

Neste item será abordada apenas a cloração com hipoclorito de sódio ou cálcio, por ser o método mais acessível e eficiente para desinfecção em sistemas centralizados de países em desenvolvimento.

4.2.4.3.3.1. Cloração

A desinfecção da água com cloro é usada para matar diversos microrganismos, bactérias e vírus; este processo não é, no entanto, eficiente na inativação de alguns protozoários patogênicos, como Giárdia, Cryptosporidium e ovos de helmintos (DANIEL, 2001). Além desta desvantagem, Peter-Varbanets *et al.* (2009) citaram a rejeição da população causada pelo gosto e odor atribuídos à água desinfetada com cloro e a ineficiência do processo no caso de não serem adotados os tempos de contato necessários, de 30 minutos.

Daniel (2001) ressaltou que pesquisas recentes têm mostrado que a cloração, assim como a utilização de outros oxidantes fortes, pode gerar alguns subprodutos da desinfecção danosos aos usuários da água tratada e ao meio ambiente. Entre os subprodutos formados, merecem destaque os compostos orgânicos halogenados, como os trihalometanos (THM), reconhecidamente cancerígenos.

Apesar das desvantagens citadas, a cloração da água ainda constitui o método mais eficiente e barato para desinfecção da água (WRIGHT, 1977). Possui ainda a vantagem de deixar residual (que por segurança deve ser de 1,0 mg/L), o que evita a recontaminação da água tratada. (DACACH, 2000)

Em relação ao risco referente à formação de subprodutos, alguns autores, como Luby *et al.* (2001) defendem que o risco de morte fornecido pelo consumo de águas extremamente contaminadas microbiologicamente é muito maior que aquele fornecido pelos subprodutos da cloração, o qual não é certo e depende da exposição em longo prazo. Neste sentido, a cloração deveria ser adotada para adequação microbiológica da água sempre que possível – evitando a contração de doenças infecciosas – mesmo que a água não apresente qualidade considerável.

Alguns métodos conhecidos de cloração em reservatórios, aplicados antes da distribuição para as residências, são o clorador desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o dosador de pastilhas.

No primeiro caso, o equipamento é simples, ilustrado pela Figura 14, o qual é acoplado à tubulação que antecede o reservatório, como ilustra a Figura 15.

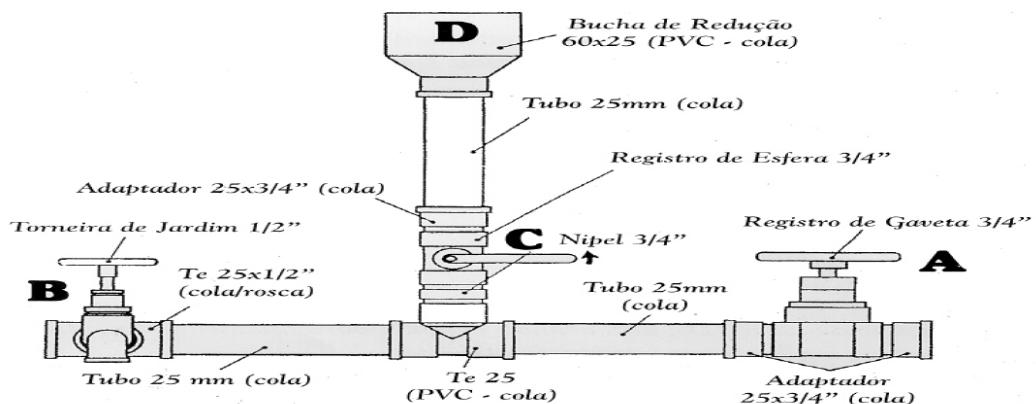


Figura 14. Esquema de montagem do clorador de água.

FONTE: EMBRAPA⁸



Figura 15. Esquema de sistema para cloração de água de reservatório.

FONTE: EMBRAPA⁸.

Para a cloração, neste sistema é utilizado cloro granulado – adquirido em locais de venda de produtos para piscinas – o qual normalmente contém 60% de cloro. Uma colher deste cloro é colocada em $\frac{1}{2}$ copo de água, e esta solução é suficiente para clorar 500 litros de água.

Os dosadores de pastilhas, citados por Moreno (1995), são constituídos de um flutuador construído em plástico, em cujo interior são colocadas pastilhas de hipoclorito de cálcio. Na parte inferior, sempre em contato com a água do reservatório, esse flutuador possui vários orifícios que permitem a dissolução das pastilhas na água. No trabalho de Moreno (1995), este equipamento permitiu o estabelecimento de eficiente sistema de desinfecção que garantiu resíduais de cloro livre próximo a 1mg/L nas residências. A vida útil das pastilhas varia com o consumo da comunidade.

⁸ Disponível no sítio <http://www.cnpdia.embrapa.br/produtos/clorador.html>.

4.2.4.4. Alternativas de tratamento por sistemas descentralizados

Nos casos em que a água chega ao domicílio sem atender aos padrões de potabilidade, algumas alternativas de tratamento caseiro são recomendadas a fim de, ao menos, diminuir os riscos sanitários do uso desta. Apesar dos baixos custos exigidos, é requerida conscientização da população e habilidade de controlar a eficiência do processo (DACACH, 1990; MEIERHOFER e WEGELIN, 2002).

Neste sentido, a fim de remover substâncias em suspensão, são recomendados tanto os filtros de areia como os de pedra porosa (natural ou artificial). Em caso de turbidez excessiva, eles devem ser precedidos por decantação, obtida com a água em repouso dentro de um recipiente provido de torneira no fundo, destinada ao refugo do material sedimentado. No entanto, uma vez que a filtração caseira não merece a devida confiança na remoção de patogênicos, é recomendado processo de desinfecção como tratamento complementar (DACACH, 1990)

Cabe ressaltar que os sistemas descentralizados, ainda que de baixa complexidade, podem auxiliar a contornar os problemas relacionados à qualidade da água, dado que permitem reduzir a presença de patógenos na água, o que, como exposto anteriormente, é o principal meio de transmissão de doenças de veiculação hídrica.

4.2.4.4.1. Armazenamento/sedimentação

O armazenamento de água em nível doméstico é um método simples para melhorar sua qualidade. A simples sedimentação, entretanto, pode remover apenas parcialmente a turvação e os coliformes fecais. O principal risco de saúde associado ao armazenamento doméstico de água é o de recontaminação através do manuseio inadequado. O período de repouso pode variar de algumas horas a dias (EHLER e STEEL, 1948; MEIERHOFER e WEGELIN, 2002)

4.2.4.4.2. Filtração doméstica

A filtração caseira é feita através de uma pedra porosa (natural ou artificial), vela cerâmica ou um leito de areia. Apesar de o filtro doméstico ter condições de remover grande parte dos resíduos sólidos, cistos, ovos, cercaria e outros microrganismos relativamente grandes, jamais deve merecer confiança para produzir água inócuia à saúde. Este, todavia, é

um recurso excelente para preceder a desinfecção (DACACH, 1990; MEIERHOFER e WEGELIN, 2002)

Os filtros comercialmente produzidos são relativamente caros (MEIERHOFER e WEGELIN, 2002). São citados também na literatura filtros de papel e fibra, os quais possuem, no entanto, poros muito grandes para reter vírus, bactérias e protozoários menores, e os filtros de carvão ativado, os quais possuem a desvantagem de possuírem curto período de vida e alto custo (PETER-VARBANETS *et al.*, 2009).

Serão abordados neste item os filtros de areia, os biológicos e os cerâmicos.

4.2.4.4.2.1. Filtros de areia

Os filtros de areia são abordados por Dacach (1990), o qual recomenda sua construção como se segue:

- i. Em um tambor de tampa removível, instala-se uma torneira próxima ao fundo, e abra-se um orifício no centro da tampa, destinado a receber um funil.
- ii. Este funil receberá uma tela no fundo e uma vedação na extremidade, de forma que a água só tenha saída pelos orifícios existentes na parede cilíndrica. A tela destina-se a reter o material grosseiro em suspensão, enquanto os orifícios melhor distribuem a primeira porção de água que cai sobre o leito de areia, sem deformá-lo.
- iii. Adicionar no interior do recipiente camadas de pedregulho, carvão vegetal e areia, nas dimensões mostradas na Figura 16. Cabe ressaltar que a presença de carvão vegetal moído é para que, por adsorção, ele retire da água certas substâncias orgânicas capazes de provocar gosto e/ou odor.

O autor ainda destaca a necessidade de manutenção do filtro: com o funcionamento, o leito de areia vai se colmatando, até não mais permitir a passagem da quantidade de água necessária. Neste caso é preciso deixar escorrer toda a água, a fim de ser feita a raspagem da superfície de areia, justamente onde ficam retidas as impurezas. Assim, a cada raspagem, o leito filtrante perde de meio a um centímetro de altura. Quando o leito ficar reduzido à metade, devem ser retiradas a areia remanescente e a camada de carvão. Então, após o filtro ser totalmente substituído por outro novo, deve ser recolocada a camada de areia, agora já devidamente limpa e com sua espessura integral.

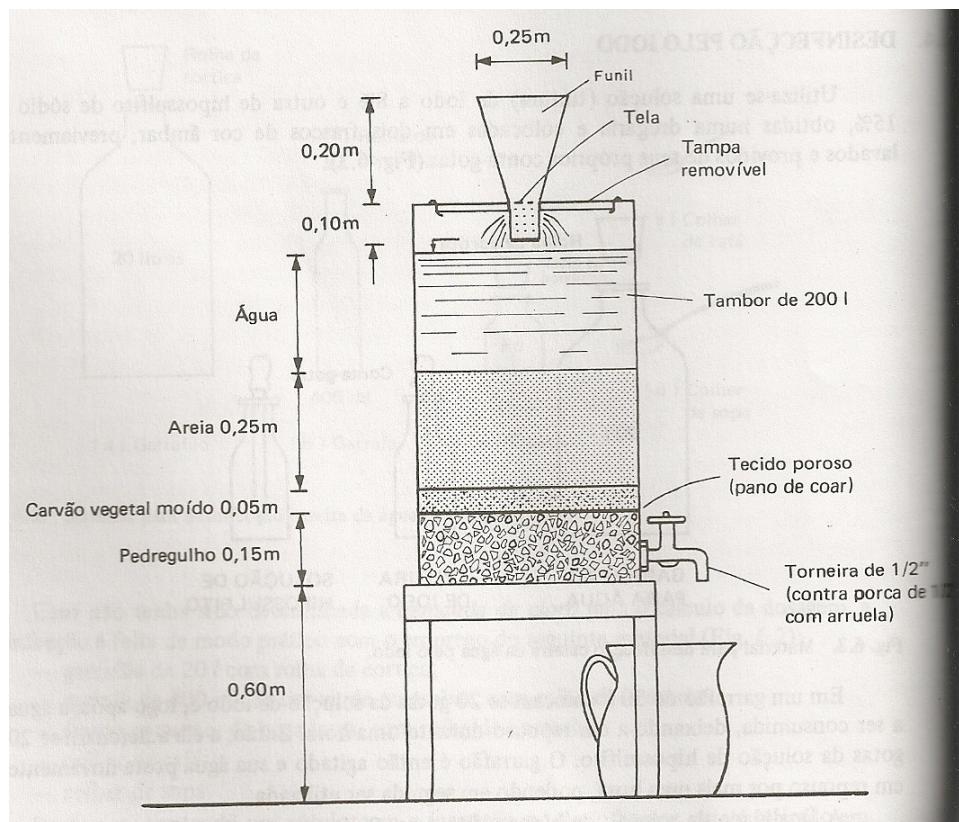


Figura 16. Tambor de graxa ou vaselina com dimensões e detalhes para instalação de filtro.
FONTE: Dacach (1990).

Segundo Nakamoto (2009), neste tipo de filtro também há passagem de microrganismos e impurezas pela torneira, por se tratar de um processo físico de filtração, sem atuação de processos biológicos. Ainda, há agitação da água no barril, com aumento e diminuição das velocidades do fluxo, fato que favorece o acúmulo de impurezas e alguns pontos mais que em outros, e possibilita a saída de impurezas. Nesse sentido, o autor defende a utilização da filtração lenta ou biológica da água, na qual é utilizado meio filtrante bem estruturado e uniforme, o que leva ao acúmulo de impurezas principalmente na superfície do filtro, onde se desenvolve camada biológica.

4.2.4.4.2.2. Filtro biológico

Os filtros biológicos (BSF) são recipientes preenchidos com areia nos quais é permitido crescer uma camada bioativa como forma de eliminar organismos patogênicos. Os mecanismos de funcionamento são similares àqueles expostos no item 4.2.4.3.1.. Este

processo é capaz de remover bactérias na proporção de 81-100% e protozoários na faixa de 99,98-100%, porém com remoção limitada de vírus (PETER-VARBANETS *et al.*, 2009).

Nakamoto (2009) mostrou possibilidades de construção deste tipo de filtro a nível doméstico, com utilização de baldes ou tanques, como ilustram as Figuras 17 e 18. A Figura 19 mostra a estrutura do filtro biológico construído em baldes.



Figura 17. Sistema de filtração biológica doméstico, com utilização de baldes.

FONTE: Nakamoto (2009).

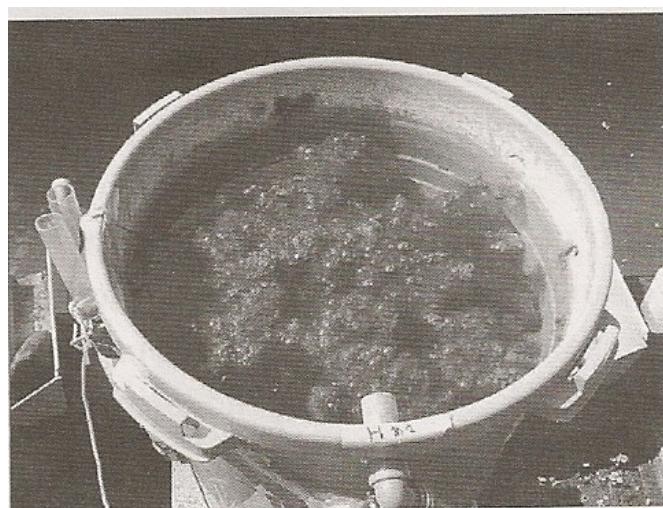


Figura 18. Destaque para o balde onde se processa filtração lenta, com acúmulo de algas na superfície. Entrada de água na parte superior e saída por mangueiras laterais.

FONTE: Nakamoto (2009).

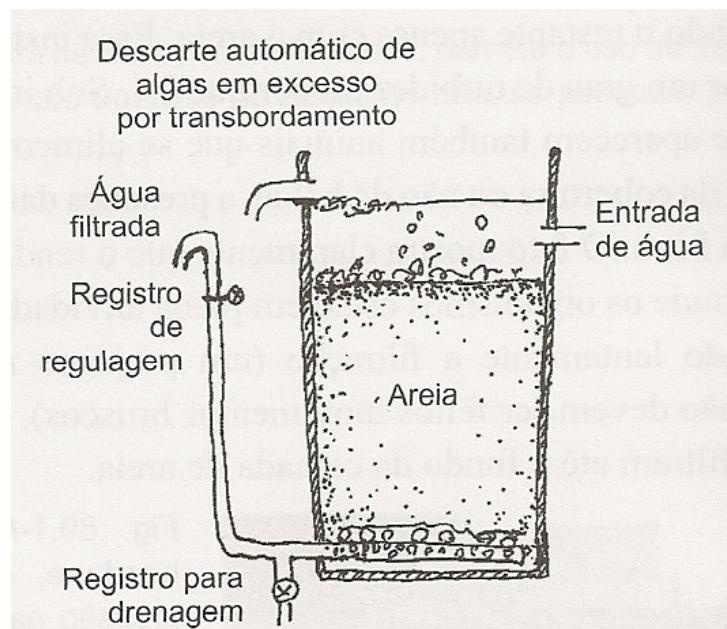


Figura 19. Estrutura de filtro biológico construído em baldes.

FONTE: Nakamoto (2009).

4.2.4.4.2.3. Filtro de material sólido poroso

Segundo Dacach (1990), esses filtros têm menor campo de aplicação que os de areia, uma vez que somente funcionam a contento se receberem água com pequena turbidez. Caso contrário, apresentam baixo rendimento e têm que sofrer freqüentes limpezas. A Figura 20 ilustra um filtro de vela obtido comercialmente, com dois recipientes superpostos.

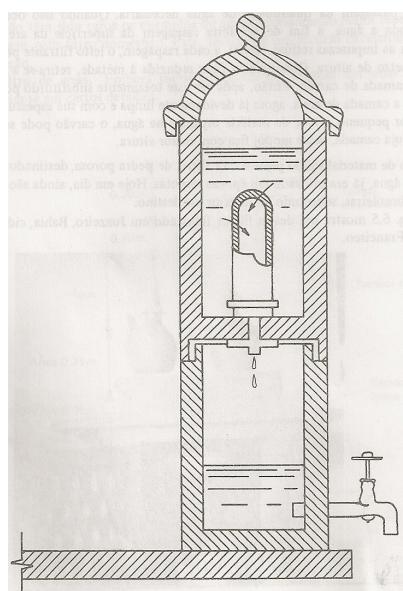


Figura 20. Filtro de vela.

FONTE: Dacach (1990).

Ehlers e Steel (1948) afirmaram que estes filtros exigem freqüentes lavagens, o que pode ser feito com risco de contaminação e de formação de defeitos na estrutura, comprometendo a retenção de bactérias. Entretanto, removem turbidez e podem ser utilizados com esta finalidade. Devem ser usados antes de um processo de desinfecção, como a fervura.

4.2.4.4.3. Desinfecção

Neste item serão abordadas a cloração, a fervura e a utilização da radiação solar (SODIS).

4.2.4.4.3.1. Cloração da água em recipientes

As mesmas vantagens e desvantagens da utilização da cloração em sistemas centralizados são válidas aqui, como baixa eficiência para inativação de alguns patógenos como Giárdia, a atribuição de gosto não apreciado pela população e o baixo custo de aplicação. No caso da cloração caseira de água para beber, são mais recomendadas soluções de compostos de cloro do que os comprimidos a base deste. A fim de evitar a formação de THM e aumentar a eficiência da desinfecção, recomenda-se a filtração da água para diminuição da turbidez (DACCACH, 1990; LUBY *et al.*, 2001).

A U.S. EPA (1992) recomenda a utilização da cloração sempre que a fervura não seja um processo adequado. Neste caso, pode ser utilizada água sanitária de uso doméstico, sempre com base nos procedimentos indicados no frasco. Quando o procedimento não é dado, é preciso encontrar a porcentagem de cloro disponível no rótulo e utilizar a Tabela 10. No caso de águas com turbidez e cor, é preciso dobrar a dosagem; no caso de não ser conhecida a quantidade de cloro disponível na água sanitária, o recomendado é empregar 10 gotas por litro.

Tabela 10. Quantidade de gotas de água sanitária a ser utilizada na água bruta para desinfecção.

Cloro disponível	Gotas por quarto de água limpa ¹
1% ²	10
4-6%	2
7-10%	1

¹quarto = ¼ de galão ~ 1 litro.

FONTE: U.S. EPA (1992).

Estudos desenvolvidos por Luby *et al.*(2001) buscaram mostrar a aplicabilidade da utilização de recipientes de plástico e solução de hipoclorito de sódio na diminuição do risco à saúde de populações de baixa renda. Essa solução é barata e sustentável para melhorar a qualidade da água consumida; neste sentido, ainda que este método tenha eficiência de 99% e seja possível encontrar coliformes fecais na água desinfetada, é importante ressaltar que a dose de exposição será menor, diminuindo a severidade da doença.

4.2.4.4.3.2. SODIS

A desinfecção solar (SODIS) é um método simples de tratamento que usa radiação solar (luz e calor UV-A) para destruir bactérias patogênicas e vírus encontrados na água. A eficiência na eliminação de protozoários, por outro lado, depende da temperatura alcançada durante a exposição solar, do clima e das condições do tempo. A água microbiologicamente contaminada é colocada dentro de recipientes transparentes e exposta à luz solar direta durante 6 horas (DANIEL, 2001; MEIERHOFER e WEGELIN, 2002).

Hoje, a SODIS é usada por mais de 2 milhões de pessoas em mais de 20 países. Uma especial avaliação da influência sobre a saúde nestas áreas demonstrou que a SODIS, combinado com o melhoramento do comportamento higiênico, pode reduzir a incidência de diarréia de 20 a 70%. (MEIERHOFER e WEGELIN, 2002).

Entre as vantagens de SODIS estão sua simplicidade de uso, a possibilidade de utilização com recursos locais, os baixos custos de investimento, a inexistência de efeitos colaterais como aqueles decorrentes da cloração, como atribuição de gosto e geração de subprodutos cancerígenos (MEIERHOFER e WEGELIN, 2002; MOREIRA e PATERNIANI, 2005). Em relação à inativação de microrganismos, Meierhofer e Wegelin (2002) forneceram a relação mostrada na Tabela 11.

Esse método usa dois componentes da luz solar para a desinfecção da água. O primeiro, a radiação UV-A, tem um efeito de germicida; o segundo componente, a radiação infravermelha, aumenta a temperatura da água, e é conhecida como pasteurização quando a temperatura da água é elevada a 70°C-75°C. O uso combinado da radiação UV-A e produção de calor, causa um efeito em conjunto que aumenta a eficiência do processo, e pode ser chamada pasteurização solar – SOPAS. (MEIERHOFER e WEGELIN, 2002).

Uma forma de se obter a pasteurização compreende a utilização de recipientes com exterior totalmente preto e capaz de absorver calor, levando a temperaturas maiores que 60°C.

Nesta temperatura, a maioria dos vírus e bactérias entéricos e parasitas já foi inativada (SANTAMARIA *et al.*, 2007)

Tabela 11. Relação de inativação de microrganismos através da SODIS.

Agente patogênico	Doença	Redução com SODIS (40°C e exposição por 6 horas)
Bactérias		
E.coli	Indicador de qualidade de água e enterites	3-4 log (99,9 – 99,99%)
Vibrião colérico	Cólera	3-4 log
Salmonela spp.	Tifo	3-4 log
Shigella spp.	Disenteria	3-4 log
Vírus		
Víruas da pólio	Polio	Inativados, resultados ainda não publicados
Vírus da Hepatite	Hepatite	Redução de casos em usuários do SODIS
Protozoários		
Giárdia spp.	Giárdíase	3-4 log (infecção por cistos)
Cryptosporidium spp.	Cryptosporidiase	2-3 log (infecção por cistos)

FONTE: Meierhofer e Wegelin (2002).

Como desvantagem do método vale destacar a dependência da radiação solar e o fato de ser um método trabalhoso, tendo em vista que uma família de 4 ou mais pessoas, por exemplo, necessitariam de 17 garrafas de 2L (SANTAMARIA, *et al.*, 2007).

Segundo Meierhofer e Wegelin (2002), a eficiência do processo do SODIS depende diretamente da quantidade de luz solar disponível. As regiões mais favoráveis ao SODIS ficam situadas entre a latitude 15°N e 35°N (como também 15°S e 35°S), onde há maior quantidade de radiação solar e limitada cobertura de nuvens e chuva (menos de 250mm de chuva, e normalmente mais que 3000 horas de sol anualmente). A segunda região mais favorável situa-se entre o equador e latitude 15°N e 15°S, onde há alta umidade e freqüente cobertura de nuvem, levando a grande quantidade de radiação distribuída.

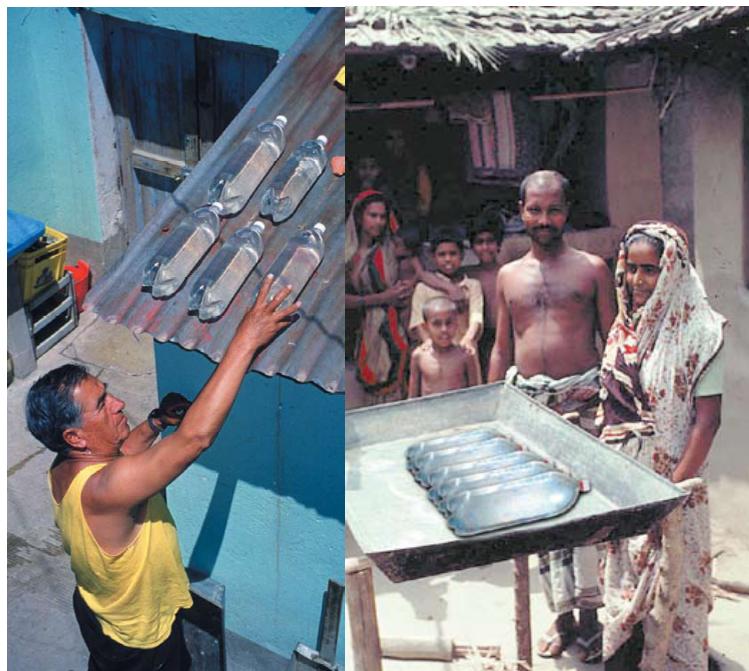


Figura 21. Exemplos de aplicação do SODIS, com utilização de garrafas PET.

FONTE: Meierhofer e Wegelin (2002).

Em relação às variações sazonais de radiação solar, cabe ressaltar que é necessária sua avaliação a fim de garantir que uma intensidade total de pelo menos 500 W/m^2 durante aproximadamente 6 horas seja garantida em diferentes períodos. Em relação às variações diárias, é preciso atentar para o fato de que, com nebulosidade crescente, há menos energia de radiação disponível. Durante dias completamente nublados a intensidade da radiação UV-A é reduzida a um terço da intensidade registrada durante um dia sem nuvens. Assim, durante dias muito nublados, as garrafas de SODIS têm que ser expostas durante dois dias sucessivos para alcançarem a dose de radiação exigida e assegurar a inativação completa do agente patogênico. Assim, Meierhofer e Wegelin (2002) recomendam:

- Expor a garrafa ao sol por 6 horas se o céu estiver limpo ou até 50% nublado.
- Expor a garrafa ao sol por 2 dias consecutivos se o céu estiver mais da metade nublado.
- Utilização de fervura durante os dias de chuvas contínuas, devido ao resultado insatisfatório do SODIS nestes dias.

Em relação às demais interferências no processo de desinfecção solar, Meierhofer e Wegelin (2002) tecem as seguintes recomendações:

- Utilização de águas com turbidez menor que 30 NTU ou adoção de pré-tratamento para diminuição da turvação. Caso esta condição não seja alcançada, adotar outro método de desinfecção.
- Utilização de recipientes que não excedam 10 cm de água, permitindo a penetração adequada da radiação UV.
- Chacoalhar a garrafa contendo ¾ de água a ser tratada por aproximadamente 20 segundos, antes da exposição ao sol, o que permite a dissolução de oxigênio. Este forma moléculas reativas capazes de matar agentes patogênicos.

Similarmente, Moreira e Paterniani (2005) realizaram experimentos em campo experimental da UNICAMP com utilização de SODIS e SOPAS, com e sem concentrador solar. Concluíram que o uso do concentrador solar permitiu reduzir o tempo de exposição ao sol de 6 horas para 4 horas, sem prejuízo da eficiência do SODIS, uma vez que, mesmo com 2 horas de exposição a menos, o SODIS com o concentrador solar inativou 99,89% de coliformes totais e 100% de E.Coli para 4 horas de exposição, enquanto o SODIS tradicional teve eficiência de 99,56% de coliformes totais e 96,48% de *E.Coli* para 6 horas de exposição ao sol. Os autores confirmaram que o SODIS não possui efeito residual, o que favorece o crescimento bacteriano 24 horas após o término do processo de desinfecção quando a temperatura da água ficou em torno de 50°C. Por outro lado, o uso do concentrador solar aqueceu a água até 70°C promovendo uma pasteurização solar (SOPAS) que inativou 100% das bactérias. Neste sentido, evitou o crescimento de bactérias após 24 horas do término do processo para amostras cuja água foi aquecida até 70°C por pelo menos 4 horas.

Contudo, estudos semelhantes conduzidos por Santamaria *et al.* (2007) concluíram que o SODIS é mais adequado para ser utilizado em comunidades rurais, tendo em vista as dificuldades encontradas pelos moradores para dispor de papel de alumínio e/ou de tinta para pintar as garrafas. Trata-se de uma tecnologia mais facilmente transferida em comunidades rurais sem água potável e que usam fontes naturais contaminadas e com concentrações de 10^3 – 10^4 UFC coliformes termotolerantes/100ml.

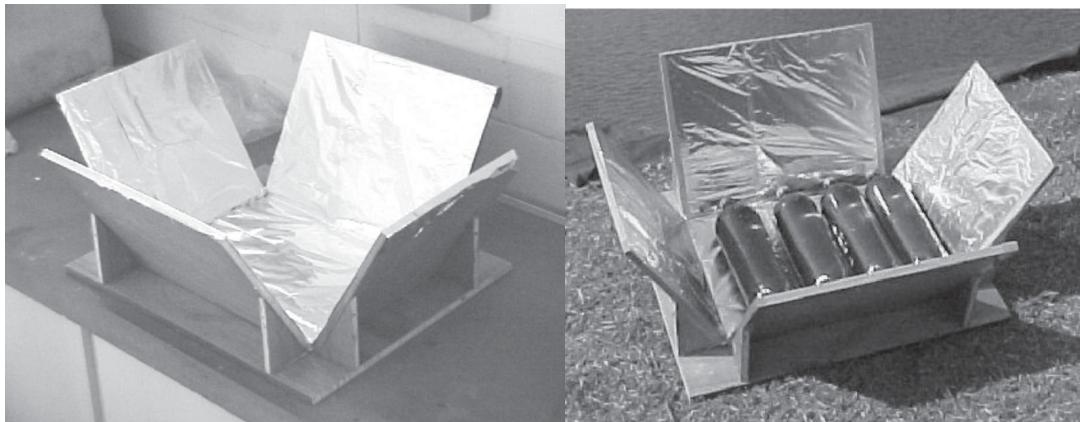


Figura 22. Concentradores solares utilizados em experimentos de Paterniani *et al.* (2005).

FONTE: Paterniani et al (2005).

Em relação a possíveis riscos de eliminação de substâncias tóxicas pelas garrafas durante a exposição solar, Schmid *et al.* (2008) demonstraram que o SODIS é um método seguro neste aspecto. Quantificaram o adipato de di-(2-etil-hexila) (DEHA) e o ftalato de di-(2-etil-hexila) (DEHP), revelando concentrações de 0.046 and 0.71 mg/L, respectivamente. Estes valores são similares àqueles encontrados em água engarrafada comercial.

4.2.4.4.3.3. Fervura

Neste processo a água deve ser aquecida ao ar livre até 100°C (ao nível do mar) e deixada em ebulição durante no mínimo 20 minutos, os quais são suficientes para a destruição de todos os microrganismos (EHLERS e STEEL, 1948).

Este é o processo mais seguro para a destruição dos microrganismos patogênicos presentes na água, e está ao alcance de qualquer pessoa. No entanto, esse processo requer grande gasto energético, o que leva a seu raro emprego como tratamento de rotina (DACCACH, 1990; MEIERHOFER e WEGELIN, 2002).

Visto que a água após a fervura é insípida, pela perda dos gases dissolvidos – sobretudo o anidrido carbônico – alguns autores recomendam que seja realizada aeração da massa líquida, através da passagem de uma a outra vasilha, repetidas vezes. No entanto, outros sanitários recomendam que a água permaneça no mesmo recipiente em que foi fervida a fim de evitar a recontaminação durante a aeração. Cabe ressaltar que neste último caso também ocorre aeração, no entanto de forma mais lenta (EHLERS e STEEL, 1948; DACCACH, 1990).

No caso de a fervura ser um tratamento de rotina, Dacach (1990) recomenda a adoção de um recipiente de cerca de 200L, metálico, instalado horizontalmente sobre duas fileiras de tijolos, para permitir que o combustível (carvão, madeira) seja colocado por baixo. Esta estrutura está representada na Figura 23.

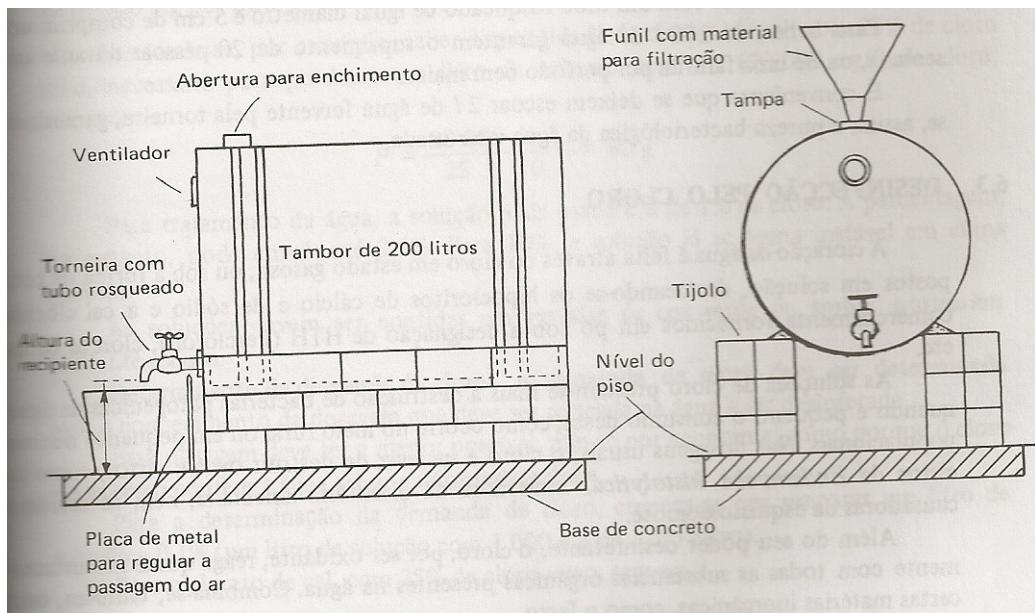


Figura 23. Estrutura recomendada para utilização de fervura a nível domiciliar.

FONTE: Dacach (1990).

4.3. Tratamento e Disposição Final de esgoto e excretas

Atualmente, o principal déficit do setor de saneamento está na área de esgotamento sanitário, mais especificamente no que tange ao tratamento dos esgotos. Segundo dados do PNAD 2009⁹, 84,4% dos domicílios são atendidos por rede geral de abastecimento de água, enquanto 59,1% dos domicílios são atendidos por rede coletora ou fossa séptica ligada à rede coletora de esgotos.

Nos países em desenvolvimento, uma das principais razões pelas quais não são oferecidas estruturas de coleta de esgoto na mesma proporção dos sistemas de abastecimento de água é a tendência de as pessoas encarregadas da concepção destas estruturas pensarem em termos de sistemas convencionais de esgotos, à base de água. Estes sistemas são demasiadamente caros para comunidades mais pobres e requereriam sistemas de abastecimento de água radicalmente mais desenvolvidos (SIMPOSIO REGIONAL SOBRE

⁹ Dados disponíveis no sítio <http://www.ibge.gov.br>

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION SANITARIA DE EXCRETAS EM AREAS URBANAS MARGINADAS, 1986; CHERNICHARO e HELLER, 1996).

Neste sentido, Chernicharo e Heller (1996) apontaram como deficiências relevantes no quadro das condições de saneamento nos países em desenvolvimento – a exemplo da realidade brasileira nesse campo:

- Os investimentos são dirigidos com prioridade para os núcleos urbanos dos municípios e, nestes, para as zonas dotadas de padrões urbanísticos convencionais. As zonas precariamente urbanizadas – urbanas ou rurais – que abrigam a parcela populacional menos privilegiada social e economicamente, acabam relegadas a um plano secundário.
- As soluções técnicas em uso corrente na área de Engenharia Sanitária, via de regra, consistem em transposições de tecnologias aperfeiçoadas nos países desenvolvidos, as quais são adaptadas, por vezes sem as devidas considerações quanto às particularidades físicas, sociais e, fundamentalmente, econômicas do país.
- O processo de concepção das soluções, de elaboração de projetos e execução de obras ignora a participação da comunidade afetada pela intervenção, caracterizando-a como elemento estranho e de origem externa. Traz como consequências, entre outros, a não identificação da população com o sistema e sua não participação em aspectos importantes como definições das obras, proteção dos mananciais, conservação e zelo espontâneos com as unidades de saneamento.

Assim, muitos projetos de sistemas de esgoto, preparados a partir de grandes investimentos por empresas de consultoria de grande experiência, permanecem arquivados no aguardo de financiamento necessário, compreendendo largas redes de coleta no meio urbano. No entanto, à medida que o abastecimento de água em zonas urbanas é melhorado, fica mais urgente a necessidade de evacuar devidamente as águas negras e são mais notáveis as vantagens de planificar ambos os serviços ao mesmo tempo (SIMPOSIO REGIONAL SOBRE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION SANITARIA DE EXCRETAS EM AREAS URBANAS MARGINADAS, 1986).

Assim, alternativas locais de saneamento (como fossas secas ou tanques sépticos) consistem soluções apropriadas para populações não servidas em muitas zonas rurais ou ainda

regiões periféricas das áreas urbanas. No entanto, estas soluções envolvem maior envolvimento individual e dependem de diferentes formas de abordagens, desde marketing de produtos relacionados até a educação comportamental e participação comunitária. Neste âmbito, a promoção de soluções locais dependerá de ações educativas e de conscientização, fato que tem levado à ineficiência de muitas abordagens (DACACH, 1990; CHERNICHARO e HELLER, 1996).

Dentro deste quadro, nas zonas tradicionalmente excluídas das políticas de saneamento, devem ser buscadas alternativas aplicáveis e tecnologias apropriadas à situação local, levando em consideração as dimensões física, social, econômica, política e cultural e, ainda, buscando a preservação ambiental e das fontes de abastecimento de água. Neste sentido, existem soluções de destinação de excretas, sem veiculação hídrica, e de destinação de esgotos, as quais utilizam sistemas de veiculação hídrica (CHERNICHARO e HELLER, 1996).

No primeiro caso, Dacach (1990) citou soluções condenáveis – privadas sobre o terreno ou sobre valas de irrigação, privadas de trincheira e a fossa negra, ilustradas na Figura 24 – e outras recomendáveis, chamadas de privadas higiênicas – exemplificadas por privada com fossa comum (privada de buraco ou fossa seca), privada de fermentação (ou compostagem), privada química e privada de receptáculo, ilustradas na Figura 25.

Cabe ressaltar que a fossa negra é, por definição, uma escavação que recebe excretas ou esgoto desprovida de revestimento interno impermeabilizante, cujo fundo atinge ou fica a menos de 1,5 m acima do lençol freático, em condições de poluir a água utilizada para consumo doméstico.

Segundo Dacach (1990), a privada de buraco é aquele que melhor se adapta aos requisitos de prevenção da poluição do solo, das águas superficiais e subterrâneas, da operação, construção e manutenção simplificada e do baixo custo. Por esse motivo, seu uso tende a crescer, sobretudo no Brasil, onde se adapta perfeitamente. A privada de fermentação, por sua vez, possui os inconvenientes de encher-se mais rapidamente devido à impermeabilização das paredes e de necessitar de constante esvaziamento. Seu uso é, no entanto, recomendado nos casos em que se busca evitar a poluição do lençol freático localizado à pequena profundidade, e quando se pretende utilizar os excretas como adubo.

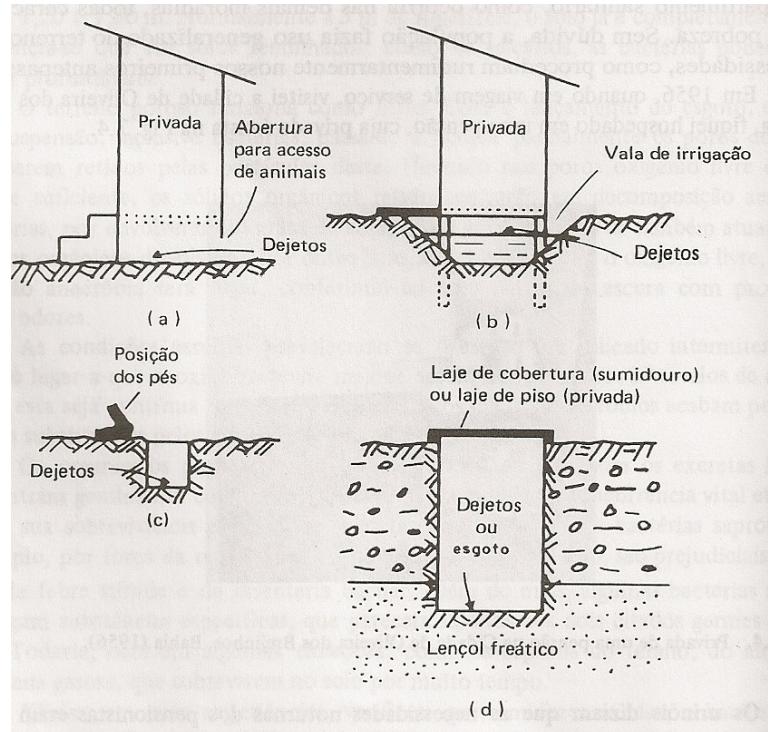


Figura 24. Soluções condensáveis de disposição de excretas.

FONTE: Dacach (1990).

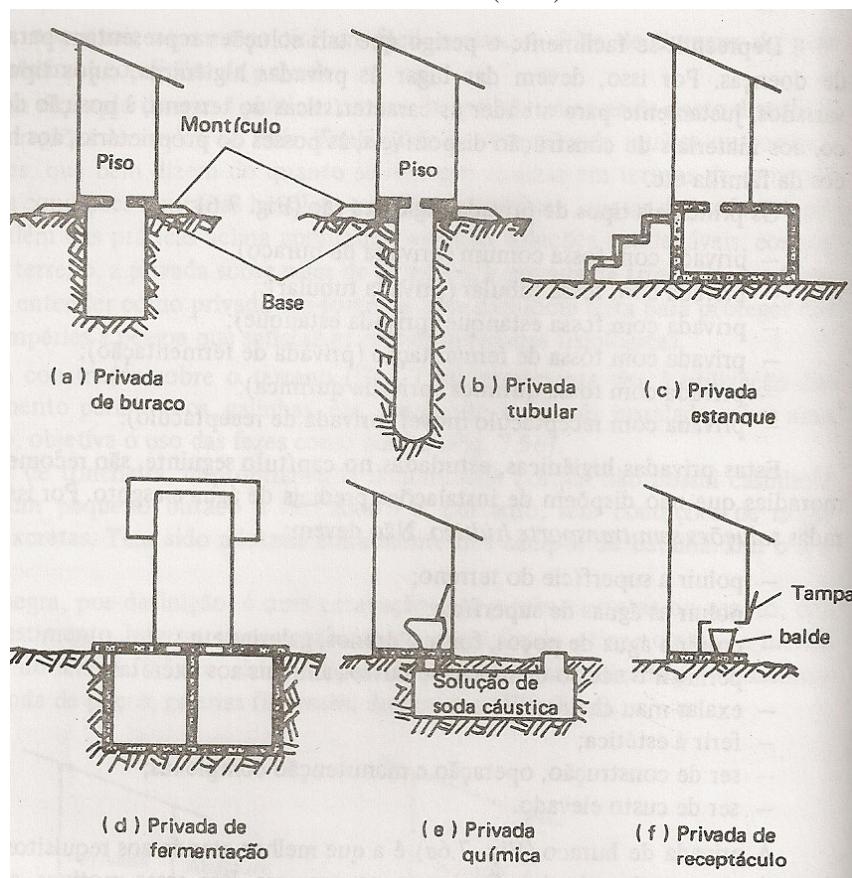


Figura 25. Privadas higiênicas.

FONTE: Dacach (1990).

No caso das soluções com transporte hídrico, Dacach (1990) cita como alternativas a adoção de fossas sépticas e a construção de lagoas de estabilização, além do lançamento sobre o terreno ou em cursos d'água, o qual envolve maior controle e risco sanitário.

A utilização de fossas sépticas é o método mais utilizado para tratamento e disposição locais de esgoto doméstico. Proporciona um tempo de retenção de pelo menos 24 horas, o que permite a sedimentação dos sólidos no fundo da estrutura e sua consequente digestão, formando o lodo, o qual deve ser removido a cada 5 anos, para possibilitar aumento da capacidade do tanque e a melhoria da qualidade do efluente. O efluente pode ser disposto em sistemas de infiltração, como sumidouros, valas de filtração e infiltração ou filtros anaeróbios (CHERNICHARO e HELLER, 1996; NTENGWE, 2005). As recomendações para construção das fossas sépticas e estruturas de infiltração constam da NBR 7229/1993.

Finalmente, o tratamento do esgoto doméstico utilizando lagoas, se cuidadosamente manejado, é o modo economicamente mais eficiente de gerir esgotos domésticos. Em países do sul da África é a alternativa mais adequada, devido ao baixo ou nulo custo de operação dessas lagoas. Por outro lado, podem ser alcançados altos níveis de remoção de DBO (86%) e SST (75%). No entanto, essa alternativa é eficiente em climas quentes, com longos períodos de radiação solar, e secos, dado que quando as chuvas são freqüentes e intensas há um aumento significativo de vazão devido à contribuição das chuvas, levando a distúrbios no funcionamento das lagoas, projetadas para pequenas populações (NTENGWE, 2005).

Em relação à adequada localização dos sistemas de disposição de excretas e esgotos, são encontradas recomendações no item 4.2.2.2. Neste sentido, é preciso localizar o local de disposição à jusante da captação, distante dela pelo menos 15 metros e com profundidade a no mínimo 1,5m do lençol freático, evitando a formação de fossas negras (EHLERS e STEEL, 1948; WAGNER e LANOIX, 1959).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Área de estudo: Peixe-Boi/PA

O município de Peixe-Boi está situado na Mesorregião do Nordeste Paraense, na Microrregião Bragantina, como ilustra a Figura 26.



Figura 26. Localização do município de Peixe-Boi, Estado do Pará.

O município de Peixe-Boi tem uma área territorial de 450,3 km² (SEPOF, 2008), estando entre os 12 de menor tamanho dentro dos 143 municípios do Estado do Pará (Prefeitura Municipal de Peixe-Boi¹⁰). Segundo estimativas do IBGE, a população do município é, no ano de 2009, igual a 7.916 habitantes, fato que configura este município entre os menos populosos do Estado.

A distribuição da população no território do município se dá entre seus dois distritos³:

- Peixe-Boi, onde se localizam a sede municipal, as vilas de Urubuquara, Ananim, Pedras, as comunidades de Cajueirinho, Tauari, Cedro, Abaeté, Massaramduba, Piçarreira, Colônias Pedro Teixeira, Anauerá e Parada Bezerra, os quais abrigam a maior parte da população, cerca de 63%.
- Tauarizinho e adjacências, contabilizando cerca de 37% da população municipal.

Segundo dados da Prefeitura Municipal de Peixe-Boi⁴, na sede municipal – a Cidade de Peixe-Boi – reside aproximadamente 36% da população, estando o restante da população

¹⁰ Informações obtidas por documento cedido pela Prefeitura Municipal de Peixe-Boi, intitulado *Peixe-Boi: história, sócio-economia e meio ambiente*.

disperso nas demais comunidades. Nas áreas consideradas urbanas – as sedes do município e do distrito de Tauarizinho, vilas e vilarejos – residem pouco mais da metade da população, cerca de 53%. Residem na zona rural, assim, cerca de 47% da população.

Situado em uma das regiões brasileiras com maiores deficiências de infra-estrutura, a região Norte, enquadra-se no cenário de falhas significativas nos serviços de saneamento básico. Neste sentido, em relação aos sistemas de abastecimento de água, o município está localizado em uma região com índice de atendimento entre 50 e 70%, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2005).

Dados do PNAD 2008¹¹ mostram que no Estado do Pará 71,51% dos domicílios possuem rede de abastecimento de água com canalização externa, enquanto 28,49% possuem rede sem canalização externa; apenas 3,92% dos domicílios possuem rede coletora de esgoto; 58,16% utilizam fossas sépticas e, em relação à coleta de lixo, 71,03% do mesmo é coletado diretamente e 7,92%, indiretamente.

Segundo dados da Prefeitura Municipal de Peixe-Boi¹² (ANEXO A), o município não conta com rede coletora de esgotos, sendo as excretas normalmente destinadas a tanques sépticos, fossas secas, fossas negras, valas ou rios.

Em relação às características naturais do município, os solos predominantes estão agrupados em associações constituídas principalmente de Latossolo Amarelo, textura média, solos Concrecionários Laterísticos, solos Hidromórficos Indiscriminados e solos Aluviais. As formas de relevo são representadas por tabuleiros suaves e elevações ligeiramente coliniformes, terraços e várzeas, fazendo parte da unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado da Região Bragantina. A topografia é modesta, variando entre sua cota mais alta de 64 metros e sua cota mais baixa de 13 metros (SEPOF, 2008).

A principal drenagem é o Rio Peixe-Boi, sendo outras drenagens que passam pelo município os Rios Meruíra, Pequiarina e os igarapés das Cobras, Pajurá e Jutaizinho (SEPOF, 2008). Em relação às características da água subterrânea, estas estão relacionadas às

¹¹ Dados obtidos do sítio http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=pa&tema=pnad_2008, visitado em 20 de outubro de 2009.

¹² Segundo informações cedidas pela Prefeitura Municipal de Peixe-Boi, por meio de formulário requerido pela SEMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará – e respondido pela secretaria de meio ambiente do município, Eliene Jacques Rodrigues.

características geológicas da região (calcáreo) e ao fato de a região estar próxima da costa litorânea banhada pelo Oceano Atlântico.

O clima do município é do tipo Am, segundo a classificação de Koppen, o que se traduz em um clima tropical úmido de monção. Há um período chuvoso com duração de três a cinco meses, com precipitação chegando a 400 mm no mês de abril. Setembro, outubro e novembro são os meses mais secos, com chuvas que não ultrapassam 50 mm. O índice pluviométrico anual é de 2.300 mm. A umidade relativa anual é de 84% e a insolação média é de 2.200 horas por ano (SEPOF, 2008).

5.2. Entrevistas com a população e levantamento de dados

Foram visitados os bairros Centro, América, Coréia e Eliolândia, na sede do município, as comunidades de Piçarreiras, Pedras, Salgado, Ananim e Urubuquara e o distrito de Tauarizinho. Em todos os locais foram realizadas entrevistas abertas com a população, com agentes de saúde, líderes locais e responsáveis pela manutenção dos reservatórios de abastecimento, buscando responder às questões principais:

- i. Existência de problemas ou insatisfações relacionados à água abastecida e ao sistema de abastecimento;
- ii. Confiabilidade no sistema de abastecimento existente;
- iii. Utilização de fontes alternativas de suprimento de água;
- iv. Incidência de doenças de veiculação hídrica;
- v. Formas e freqüência de limpeza dos reservatórios;
- vi. Utilização de desinfetantes para tratamento da água abastecida;
- vii. Volume médio consumido e ocorrência de falhas no abastecimento;
- viii. Modo de destinação das fezes domiciliares: fossas secas, sépticas ou negras e formas de operação e manutenção.

Juntamente com a aplicação de entrevistas, foi realizado levantamento de dados de saneamento e registro fotográfico. Para tanto, foram realizadas inspeções sanitárias a fim de observar o caminho percorrido pela água da captação, tratamento, reservação e, por fim, distribuição. A diretriz básica foi admitir que qualquer elemento do sistema de abastecimento

que pudesse permitir a contaminação fosse considerado como possuidor de deficiência sanitária. Especial atenção foi dada para:

- i. localização da captação em relação à proximidade das construções e possíveis fontes de contaminação;
- ii. a superfície de drenagem em torno da captação
- iii. as condições da plataforma e da cobertura da unidade de captação
- iv. as condições de revestimento interno das superfícies da unidade de captação
- v. para a declividade da superfície do terreno e do nível d'água.

A sede do município, o distrito de Tauarizinho e as comunidades de Piçarreiras, Ananim, Urubuquara, Pedras e Salgado foram percorridas para o levantamento estatístico das fossas secas, negras e sépticas utilizadas pelos moradores, bem como de sua proximidade com fontes de captação de água. Também foram levantadas captações de água próximas ou sob a influência de locais de disposição de esgotos, excretas, resíduos sólidos ou criação de animais, com a finalidade de apontar possíveis fontes de contaminação da água subterrânea e falhas no sistema de saneamento local.

Foi realizado levantamento fotográfico para ilustrar as principais fontes de captação de água no município, as falhas nos serviços de saneamento básico local e as evidências de contaminação da água de abastecimento.

A localização dos pontos visitados é ilustrada no ANEXO B.

5.3. Coleta e análise de amostras de água

Foram coletadas amostras de água provenientes de cinco diferentes fontes de abastecimento do município de Peixe-Boi:

- i. Três atendendo à sede municipal, sendo uma de responsabilidade da COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará, cobrindo os bairros Centro e América – e duas de responsabilidade da Prefeitura – atendendo aos bairros Nossa Senhora de Fátima (popularmente conhecido como Coréia) e Eliolândia;
- ii. Uma atendendo à comunidade de Piçarreiras, e
- iii. Uma atendendo ao distrito de Tauarizinho.

As amostras foram coletadas durante o mês de Julho, quando se iniciava o período de estiagem na região. Segundo Moreno (1995), nesta época é esperada melhor qualidade da água, sendo provável que a água apresente qualidade inferior no período de chuvas. Por outro lado, as amostras foram coletadas no período da manhã, logo após a ligação das bombas, quando são esperados valores mais críticos dos parâmetros de potabilidade, dado que o abastecimento é intermitente.

As amostras foram analisadas com auxílio de infra-estrutura laboratorial da UFPA – Universidade Federal do Pará –, segundo os seguintes critérios:

- i. pH – método potenciométrico
- ii. Cor – método espectofotométrico
- iii. Turbidez – método Nephelométrico
- iv. Sólidos Suspensos Totais – método fotométrico do Procedures Handbook da Hach Espectofotometro DR 2500
- v. Sólidos Dissolvidos Totais – método potenciométrico do Procedures da Vernier
- vi. Condutividade - método 2510 (APHA, 1998).
- vii. Fósforo (Fosfato) – método espectofotométrico
- viii. Nitrogênio nitrato - método espectofotométrico
- ix. Coliformes – método Colilert®.

O método utilizado para cada análise foi escolhido segundo critério de disponibilidade no local e menor custo de realização. Para as análises 7 e 8 foram utilizados os kits da Hach®.

Não houve possibilidade de serem feitos vários exames e análises de amostras de água, por isso foi coletada apenas uma amostra de cada ponto. Este trabalho não teve por objetivo realizar estudo estatístico da qualidade das águas, mas sim fazer um simples diagnóstico do estado geral do abastecimento de cada comunidade com vistas à proposição de soluções simples para melhoria da qualidade da água abastecida.

Neste sentido, a realização de exames da qualidade da água teve o intuito de funcionar como mais um parâmetro indicativo das condições do sistema de abastecimento, não fornecendo seguras conclusões acerca da qualidade da água abastecida. Desta maneira, os resultados obtidos podem ser relacionados com as características do sistema que, direta ou indiretamente, influem na qualidade da água captada.

Em relação aos parâmetros analisados, foram selecionados aqueles que podem indicar contaminação antrópica. Neste sentido, o nitrato, como anteriormente discutido, pode ser indicativo de contaminação por saneamento *in situ* e atividades agrícolas, enquanto o fosfato é indicativo de contaminação por esgotos e detergentes. Por sua vez, a condutividade, por indicar a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados, segundo a CETESB (2001). Similarmente foram analisados os valores de SST e SDT, visando avaliar sua magnitude como indicativo de contaminação.

5.4. Análise das possibilidades de desinfecção da água

Como forma de verificar a possibilidade de utilização de hipoclorito de sódio (a 2,5%, cedido pelo Posto de Saúde Municipal) e da radiação solar na desinfecção da água em nível domiciliar, tais processos foram realizados em pequena escala.

Para tanto foi utilizada amostra de água da COSANPA, cujos parâmetros de cor, turbidez e coliformes são mais críticos. Para a cloração, foi aplicada a dosagem indicada pelo frasco de hipoclorito de sódio comercial, ou seja, 2 gotas por litro de amostra. Foi realizada a mistura da solução e aplicado um tempo de contato de 30 minutos. Foram posteriormente realizadas as análises de coliformes pelo Método Collilert.

As amostras coletadas foram expostas à luz solar por um período de 6 horas (recomendado pela literatura), de forma a avaliar a efetividade na eliminação de coliformes.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Entrevistas com a população

As entrevistas realizadas com a população permitiram levantar os principais problemas atrelados a cada fonte de abastecimento de água. A Tabela 12 ilustra os principais aspectos apontados pelos moradores abastecidos por cada sistema de abastecimento de água.

Tabela 12. Principais aspectos relacionados às fontes de abastecimento do município, segundo moradores.

FONTE	Cor ou turbidez	Ferro	Dureza	Doenças	Uso	Adoção de Tratam. Doméstico	Utilização de Fontes alternativas ³
COSANPA	X	X		X	Restrito ¹	X	X
Coréia				X	X	Irrestrito ²	X
Eliolândia				X		Irrestrito	
Piçarreiras	X	X	X	X	Restrito	X	X
Ananim						Irrestrito	
Urubuquara						Irrestrito	
Tauarizinho				X		Irrestrito	

1 Água destinada para beber, cozinhar, lavar roupas, tomar banho, entre outros usos menos nobres.

2 Água não utilizada para beber, cozinhar ou lavar roupas devido à inadequabilidade da mesma para tais funções.

3 Utilização de outras fontes – como cacimbas, nascentes – para suprir a necessidade de água de melhor qualidade para beber.

O problema relativo à ferrugem era atrelado, pelos moradores, à aparência ruim da água (avermelhada) e à geração de manchas em roupas quando da utilização da água em questão para sua lavagem. Logo, esta água não era utilizada para beber ou lavar roupas, dada sua inadequabilidade e à rejeição causada nos usuários. Isto ocorria principalmente nos sistemas da COSANPA e da comunidade de Piçarreiras, nos quais o problema era ainda pior no período da manhã, após a ligação das bombas. Com o decorrer do tempo a qualidade da água melhorava e assumia aspecto mais límpido.

Em relação à dureza, esta era relatada pelos moradores como geração de manchas escuras nas louças, aparência esbranquiçada da água (citada como ‘nata’, principalmente no momento de fervura) e pela dificuldade na geração de espuma pelo sabão, bem como no potencial de deixar os cabelos duros e ressecados. Este problema é bastante importante no caso do bairro Coréia, onde há freqüentes reclamações neste sentido.

Entre as doenças associadas à qualidade de água abastecida, foram citadas principalmente a amebíase e a giardíase, tanto pelos moradores quanto por agentes de saúde. Na maioria dos casos os entrevistados relataram ocorrência de diarréia em membros da família; em alguns casos, também foi detectado que a doença não era eliminada, e o quadro de

diarréia era constante na população, possivelmente devido a re-infestações. A maioria dos moradores não conhecia a origem das doenças contraídas, não estabelecendo qualquer relação com a qualidade da água consumida.

Em relação à adoção de tratamento caseiro, foi relatado pelos moradores abastecidos pelo sistema da COSANPA e de Piçarreiras o hábito de coar com pano a água que chega na torneira. Não é comum, no entanto, a utilização de métodos de desinfecção, como cloração ou fervura.

O uso de fontes alternativas àquelas recebidas pelas redes de abastecimento locais foi freqüentemente citado, atrelado principalmente à rejeição da aparência da água, geralmente com elevados teores de turbidez e cor e aparência ferruginosa ou esbranquiçada. Em poucos casos a busca por outras fontes de abastecimento era impulsionada apenas pelo potencial de geração de doenças.

Desta forma, as fontes alternativas encontradas pelos moradores (nascentes, cacimbas, igarapés, poços particulares) não possuíam, apesar da melhor aparência, qualquer adequação aos padrões de potabilidade, demonstrando alto potencial de geração de doenças de veiculação hídrica, por estarem expostas às intempéries, localizadas em pontos baixos do terreno, e, muitas vezes, com acesso de animais. Em alguns casos, ainda, foi verificada contaminação clara por lixo lançado nas próprias fontes e consequente agravante na incidência de doenças de veiculação hídrica. Assim, é falsa a idéia dos moradores de que fontes mais límpidas de água oferecem menor risco à saúde.

A Figuras 27 mostra a nascente (chamada cacimba pelos moradores) utilizada alternativamente pelos habitantes abastecidos pela COSANPA; as Figuras 28 e 29 mostram nascentes utilizadas pelos moradores de Piçarreiras. A Figura 30 ilustra cacimba existente no bairro Eliolândia: apesar de não ser mais utilizada pelos moradores (segundo depoimentos dos mesmos) essas cacimbas representam ponto de exposição do lençol à superfície. Desta forma, lançamento de lixo em seu interior por levar à contaminação da água subterrânea do entorno, comprometendo a qualidade da mesma em poços perfurados nas proximidades.



Figura 27. Cacimba utilizada pelos moradores como alternativa ao sistema de abastecimento da COSANPA.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 28. Cacimba utilizada pelos moradores de Piçarreiras.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 29. Nascente utilizada pelos moradores de Piçarreiras.

FONTE: Arquivo próprio.

Cabe ressaltar que muitos moradores, principalmente abastecidos pela COSANPA e pelo micro-abastecimento de Piçarreiras – pontos mais críticos e com maiores índices de reclamação – gastam significativa parcela de tempo para buscar água em outras fontes, e em muitos casos cumprem essa tarefa mais de duas vezes por dia. Este é um aspecto negativo, uma vez que é necessário que esta população destine parcela de tempo diária ao suprimento de uma necessidade básica; este tempo poderia ser investido em trabalhos domésticos, em geração de renda ou mesmo lazer.



Figura 30. Cacimba existente no bairro Eliolândia, atualmente não utilizada para captação de água, mas que compreende um ponto de contaminação da água subterrânea.

FONTE: Arquivo próprio.

Em outros casos, alguns moradores afirmaram ser necessário comprar água mineral como alternativa à água de má qualidade abastecida. Desta forma, muitas vezes o morador é obrigado a pagar um taxa a companhia de abastecimento – no caso da COSANPA – e ainda ter gastos com compra de água potável.

Por sua vez, os sistemas de disposição de excreta são compostos majoritariamente por fossas secas e sépticas e sua distribuição destas depende da comunidade e de seu nível de renda. No caso dos bairros centrais da sede municipal foi detectada maior incidência de fossas sépticas; à medida que se afasta para bairros como Coréia ou Eliolândia, detecta-se com maior freqüência as fossas secas. No caso das demais comunidades, é possível afirmar que Piçarreiras utiliza majoritariamente fossas secas, enquanto Ananim, Urubuquara e Tauerizinho dividem-se na utilização de secas e sépticas. Comunidades pequenas como Salgado e Pedras utilizam fossas secas. A Tabela 13 ilustra a proporção de cada tipo de disposição utilizada na sede municipal.

Tabela 13. Distribuição de fossas secas, sépticas e negras na sede municipal de Peixe-Boi, por bairros.

Local	Fossas	Fossas	Fossas	Total		
	Secas	Sépticas	negras	(domicílios)	%secas	%sépticas
Coréia	55	39	1	95	57,9	41,0
Eliolândia	73	16	0	89	82,0	18,0
América	28	162	0	190	14,7	85,2
Centro	10	332	0	342	2,9	97,1
CIDADE	166	549	1	716	23,2	76,7

Este levantamento do tipo de disposição de excretas teve como objetivo conhecer as atividades de uso e ocupação do solo com potencial de contaminação da água subterrânea; neste caso detectaram-se em muitos casos distanciamentos menores que aqueles recomendados entre o local de disposição de excretas e a fonte de captação de água. Como já discorrido anteriormente, em relação às fossas sépticas, recomenda-se distanciamento mínimo dos poços de 20 metros, e em relação às fossas secas, de 15 metros, sendo que estas distâncias devem ser muito maiores nos casos de embasamento de calcário.

Foi detectada, no entanto, fossa séptica a uma distância de cerca de 6 metros do poço referente ao abastecimento do bairro Coréia, e a uma distância menor do que os recomendados 15 metros para a fossa seca próxima do local de captação da comunidade de

Ananim (Figuras 31 e 32). Além disso, cabe ressaltar que, segundo dados dos moradores, a água subterrânea percorre em calcário neste local, o que aumenta a suscetibilidade à contaminação e deve implicar em maiores distanciamentos a partir as fontes poluidoras. Mesmo os 15 metros recomendados para proteção das fontes não seriam, assim, suficientes para evitar a contaminação.



Figura 31. Fossa seca utilizada por moradores da comunidade de Piçarreiras.

FONTE: Arquivo próprio.

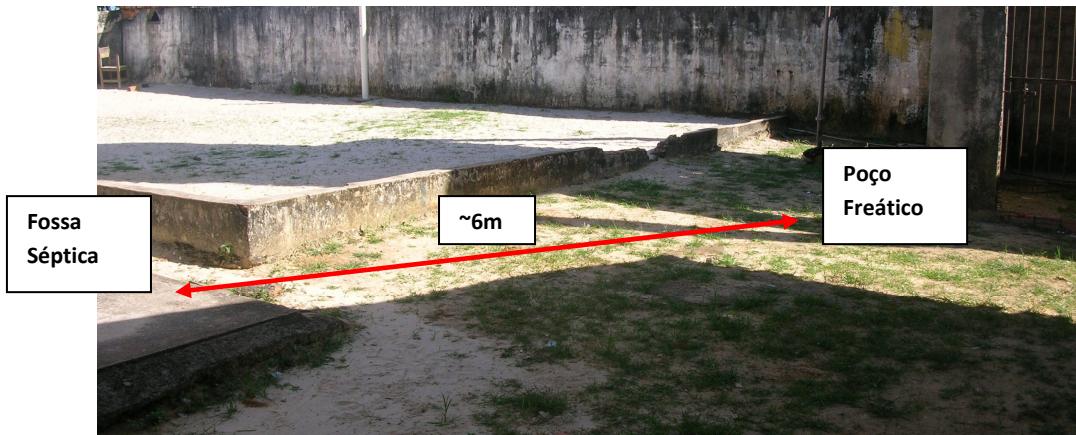


Figura 32. Fossa séptica a cerca de 6 metros de distância do poço de captação do bairro Coréia.

FONTE: Arquivo próprio.

Por sua vez, dado que não são disponíveis dados de nível do lençol freático e profundidade dos buracos das fossas secas, não foi possível avaliar se estas estão suficientemente distantes do lençol, evitando a contaminação da água subterrânea.

Recomenda-se, assim, que sejam monitoradas as fossas sépticas e secas, de forma a controlar os locais de sua utilização, evitar vazamentos acentuados e prevenir a formação de fossas negras. É interessante, neste aspecto, promover uma parceria da Prefeitura com empresas de remoção de lodo da fossa séptica e com pessoal responsável pela construção da mesma, de forma a padronizar sua estrutura. Neste sentido, durante as entrevistas foi possível notar que nenhum morador tem conhecimento do processo de esvaziamento do tanque séptico ou da utilização de sumidouros ou outras estruturas de infiltração, sendo possível que não haja estruturas neste sentido e que haja vazamentos das fossas.

Em relação à fonte de captação da COSANPA, foi verificada criação de animais (capivara, galinhas, cachorros) a cerca de 50 metros da fonte de captação, e ocorrência de valas por onde escorria água com aspecto gorduroso e escuro. Em entrevistas com a população, foi afirmado que esta água não compreendia esgoto doméstico, mas possivelmente águas cinzas, provenientes de pias e torneiras. Existe, no entanto, visível carga orgânica nesta água lançada em valas, sendo visível a existência de gordura e possivelmente sabões ou detergentes.

A montante da captação da COSANPA foi detectada, ainda, disposição de resíduos, a cerca de 60 metros dos poços, o que, apesar de estar dentro da faixa limite de 45 metros recomendada para localização de cargas tão poluentes quanto estábulos ou valas de esgoto,

pode apresentar influência no local de captação de água, dado o embasamento de calcário e o acúmulo de água pluvial na superfície dos poços (Figuras 33 e 34).

Neste sentido, cabe ressaltar que o terreno no local é relativamente íngreme, e que durante as chuvas há grande arraste de materiais pela encosta até o ponto mais baixo, onde é a captação. Há, assim, grande dissolução de contaminantes ao longo da encosta e acúmulo no ponto mais baixo – exatamente sobre os pontos de captação – formando poças as quais vão sendo infiltradas pelo terreno, sumindo após o término da chuva (vide Figura 34, 35, 36 e 38). Mais uma vez é importante ressaltar que o embasamento do local é calcário, o que aumenta sua vulnerabilidade à contaminação e leva à necessidade de manutenção de maiores distâncias de segurança.



Figura 33. Fossa seca a menos de 15 metros de distância do poço de captação da comunidade de Ananim.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 34. Encosta à montante da captação da COSANPA.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 35. Deposição de resíduos a montante dos poços utilizados para abastecimento da COSANPA.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 36. Alagamento da região onde situam-se os poços de captação da COSANPA, após ocorrência de chuva.

FONTE: Arquivo próprio.

Além disto, destaca-se na Figura 37 a ausência de laje protetora na superfície dos poços; há desconhecimento, ainda, da existência de revestimento nos primeiros 3 metros dos poços, o que os torna inadequados sanitariamente e permite com maior facilidade a contaminação da água captada.



Figura 37. Poços do sistema de abastecimento da COSANPA, não sendo observadas proteções ou laje de cobertura.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 38. Rede de canos do sistema de captação da COSANPA. Alagamento na superfície de praticamente todos os poços.

FONTE: Arquivo próprio.

No caso das captações de Ananim, Urubuquara, Pedras, Piçarreiras, Coréia, Eliolândia e Mozart foram detectadas lajes de cobertura superior, fato que auxilia na proteção dos mananciais subterrâneos (Figuras 39 e 40). Não é conhecida, no entanto a existência de revestimento interno nos primeiros 3 metros da perfuração.



Figura 39. Canalização saindo de poço de micro sistema de Ananim; existência laje de cobertura.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 40. Canalização saindo de poço do micro sistema de Piçarreiras; existência de laje de cobertura.

FONTE: Arquivo próprio.

Por sua vez, no caso da captação de Tauarizinho, não foram detectadas lajes de cobertura superior, o que configura os poços como inadequados sanitariamente.



Figura 41. Canalização saindo de poço de micro sistema de Tauarizinho; inexistência laje de cobertura.

FONTE: Arquivo próprio.

Similarmente ao caso citado nas proximidades da captação da COSANPA, há o hábito dos moradores de lançar a água proveniente de pias e torneiras na rua. Isto, se por um lado causa a dispersão de algas e geração de aspecto desagradável, diminui a pressão sobre fossas sépticas e evita a mistura com esgoto sanitário, o qual possui maior carga poluente. Deve-se atentar, no entanto, para a proximidade destas canaletas em relação às captações, para evitar contaminações destas com carga orgânica e fósforo proveniente dos detergentes e sabões.



Figura 42. Canaleta localizada na sede municipal, com proliferação de algas em decorrência do constante lançamento de efluentes domésticos.

FONTE: Arquivo próprio.

No caso de Piçarreiras, há o agravante caso da existência do lixão municipal na comunidade. Apesar de situado a cerca de 230 metros do local de captação, é preciso atentar para a enorme carga orgânica que infiltra no subsolo e que pode atingir o lençol freático. Soma-se a isso o fato de a captação de água da comunidade estar situada em cota aparentemente mais baixa do que a do lixão, compreendendo assim uma área de possível influência do mesmo.



Figura 43.Lixão existente na comunidade de Piçarreiras.

FONTE: Arquivo próprio.



Figura 44. Lixão existente na comunidade de Piçarreiras.

FONTE: Arquivo próprio.

Em diversos outros locais, foi detectada proximidade do local de disposição de lixo e excretas com a fonte de captação de água. As Figura 45 e 46 ilustram a situação encontrada na comunidade de Salgado, onde a disposição de lixo é realizada em buraco ao lado do poço de captação, o qual, por sua vez, não possui indícios de revestimento interno ou laje superior para proteção sanitária.



Figura 45. Reservatório existente em escola da comunidade de Salgado, com água de aparência turva, deposição de areia e formação de crostas.

FONTE: Arquivo próprio.

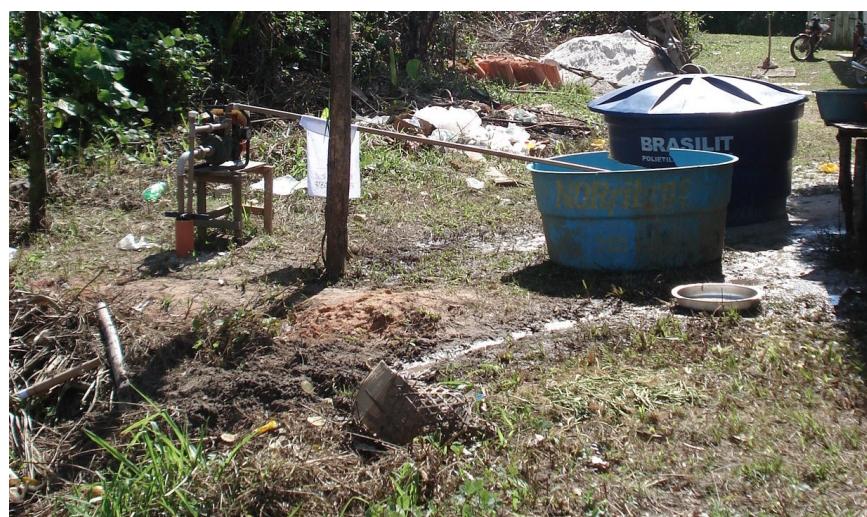


Figura 46. Captação de água em Salgado ao lado de local de lançamento de lixo.

FONTE: Arquivo próprio.

Em todos os pontos de captação foi verificado, assim, certo desconhecimento da influência do uso e ocupação na superfície do terreno na qualidade da água subterrânea. Há, de forma pouco criteriosa, disposição de resíduos sólidos, excretas, esgotos e criação de animais nas proximidades dos locais de captação. Estes fatores acabam por exercer grande influência na água subterrânea especialmente no local de estudo, onde as chuvas são freqüentes e intensas. A este fato soma-se a inexistência de práticas de proteção sanitária dos poços.

Também foram entrevistados os responsáveis pela manutenção do sistema de abastecimento, bem como por controlar o funcionamento das bombas. As informações prestadas por eles estão apresentadas na Tabela 14. Pelo fato de o responsável pela manutenção do sistema de Tauarizinho não ter sido encontrado, na há informações deste micro-abastecimento.

Como é possível observar, não há processos de desinfecção implantados nos sistemas de abastecimento; no sistema referente ao bairro Eliolândia, há adição, sem critérios claros, de 1 ou 2 frascos de hipoclorito de sódio a 2,5%, os quais são cedidos pelo Governo. Nos demais locais, foi citada a adição, por certo período, de hipoclorito de sódio, porém sem uso foi interrompido sem maiores detalhamentos. Um aspecto importante neste sentido está na rejeição pela população do sabor da água abastecida após ter sido adicionado cloro. Não há, assim, um entendimento da população da importância da implantação da cloração, a qual é considerada, por vezes, desnecessária e causadora de aspecto ruim à água.

Tabela 14. . Dados dos poços e reservatórios do município de Peixe-Boi, de acordo com responsáveis por tais.

FONTE	Qtdade	Profundidade (m)	Vazão (l/h)	Volume reservatório	Limpeza	Cloração
					reservatório (l)	
COSANPA	19	8-10*	10000	-	1X/ano	Não
Coréia¹	1	48 (NA a 20m)	-	15000	2X/ano	Não
Eliolândia	1	-	-	20000	Cada 2 meses	Sim ²
Piçarreiras³	1	67	-	12000	Há 2 anos	Não
Ananim	1	54	4150	22000	Há 3 meses	Não
Urubuquara	1	45	-	-	2X/ano	Não

¹ A cerca de 6m de fossa séptica de escola.

² Hipoclorito de sódio, solução a 2,5%.

³ Situada a cerca de 235 m do lixão.

*Há um poço profundo, de 100m. Os demais são rasos.

A limpeza e manutenção do reservatório, por outro lado, não é realizada com a freqüência adequada, com consequente acúmulo de materiais sedimentáveis e crostas. Ainda, foi citada a ausência de tampas protetoras no superior do reservatório do bairro Coréia, fato

que levou à deposição de animais mortos e moscas na sua água, comprometendo gravemente a saúde da população abastecida. Atualmente o reservatório está coberto.

Em relação às informações cedidas pelos responsáveis, é necessário enfatizar que eles não demonstraram possuir grande conhecimento e controle dos sistemas. Não havia conhecimento da idade da rede, do seu material, dos motivos pelos quais era realizada a limpeza ou a cloração. A obtenção de informações pela COSANPA foi muito dificultada pela falta de conhecimento do técnico local e pela burocracia para obtenção de informações da companhia. Por este motivo, foi necessário encaminhar ofício à sede da companhia em Belém – PA solicitando as informações, as quais estão no ANEXO C.

Alguns responsáveis e moradores citaram a ocorrência de falhas no abastecimento, devido a problemas relacionados à capacidade da bomba e do reservatório. De acordo com os responsáveis, é necessário atentar para a necessidade de aumentar a capacidade do reservatório e da potência das bombas, de forma a suprir adequadamente a população.

6.2. Coleta e análise de amostras

Com base nos pontos do município utilizados para análise da água de abastecimento e os parâmetros analisados, foram construídas as Tabelas 15 e 16.

As análises foram realizadas durante o mês de julho, quando se supõe haver menor influência das precipitações e da infiltração de poluentes na qualidade da água. Supõe-se, assim, que a água de abastecimento pode apresentar pior qualidade na ocasião das chuvas e dos períodos chuvosos.

Por outro lado, as análises foram realizadas durante o período da manhã, quando são esperados valores mais críticos dos parâmetros de qualidade da água, pelo fato de o abastecimento intermitente propiciar o acúmulo de sedimentos na rede. Assim, foi verificado que as amostras coletadas logo após a ligação das bombas possuíam aparência extremamente turva e com flocos ferruginosos, que sedimentavam com o tempo. Ao longo do dia, assim, a aparência da água coletada melhorava, apresentando aspecto mais límpido. Neste sentido, é costume da população abrir as torneiras sem utilização da água por um longo período, até que a qualidade da água melhore.

Tabela 15. Parâmetros analisados e seus valores para água de abastecimento da COSANPA, coletada na fonte, em casa distante desta e em Posto de Saúde.

	COSANPA Fonte ¹	COSANPA Casa ²	COSANPA Posto ³
Cor (uC)	415	423	30
Turbidez (NTU)	71,3	49,6	9,3
SST (mg/L)	36	31	*
SDT (mg/L)	135,9	209	227
Dureza (Mg/Ca)(mg/L)	0,53	0,16	0,22
Fósforo(Fosfato) (mg/L)	1,52	1,68	0,3
N-Nitrato (mg/L)	6,1	6,3	2,3
Conduтивidade (µS/cm)	271,9	424,2	453
Coliformes Totais (UFC)	173	200	630
Coliformes Fecais (UFC)	2,0	<1	<1
pH	5,5	5,5	5,5

¹amostra coletada no local de captação de água, na saída dos poços freáticos.

²amostra coletada em casa situada em ponto distante da captação.

³amostra coletada em Posto de Saúde Municipal, localizado nas proximidades da captação.

Tabela 16. Parâmetros analisados e seus valores para águas dos micro-abastecimentos dos bairros Coréia e Eliolândia, da comunidade de Piçarreiras e do distrito de Tauarizinho, todos de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Peixe-Boi.

	Coréia	Eliolândia	Piçarreiras	Tauarizinho
Cor (uC)	7	*	*	*
Turbidez (NTU)	0,6	0,6	3,2	0
SST (mg/L)	3	1	*	*
SDT (mg/L)	291	135,4	375	34,7
Dureza (Mg/Ca)(mg/L)	0,53	1,08	-	-
Fósforo(Fosfato) (mg/L)	0,08	0,21	1,88	0,68
N-Nitrato (mg/L)	1,5	0,6	0,7	3,5
Conduтивidade (µS/cm)	581	270,9	750	69,6
Coliformes Totais (UFC)	11	67	689,3	7,5
Coliformes Fecais (UFC)	< 1	1	21,4	<1
pH	6,4	6	7,3	5,7

* resultados abaixo do limite detectável pela metodologia

- análises não realizadas

A análise das Tabelas 15 e 16 permitiu verificar a presença, em todos os pontos analisados, de coliformes totais (e em alguns casos os fecais), fato que coloca a água abastecida no município em desacordo com a Portaria 518 em relação ao parâmetro coliforme e, portanto, inadequada ao consumo humano. A contaminação fecal foi encontrada principalmente na captação de Piçarreiras e, também, em menor magnitude, na captação da COSANPA.

Estas captações, de fato, foram as que apresentaram maior vulnerabilidade à contaminação e com os valores mais críticos dos parâmetros analisados, como é possível verificar nas Tabelas 15 e 16. No caso da COSANPA, os parâmetros cor, turbidez, pH e coliformes fogem dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518 de 2004 (item 4.2.4.1), o que indica falhas no sistema de abastecimento que levam ao comprometimento da saúde pública.

O parâmetro nitrato, neste caso, está abaixo dos padrões de potabilidade; no entanto, de acordo com estudos de Alaburda e Nissihara (1998), os valores de nitrato encontrados – superiores a 3,0 mg/L – representam indicativo de contaminação de água subterrânea por atividade antrópica. O elevado teor de condutividade indica grandes quantidades de íons dissolvidos, o que também pode ser indicativo de contaminação. Similarmente, a presença de fosfatos nesta captação é indicativo de contaminação por esgotos sanitários e possivelmente detergentes e sabões (CETESB, 2001).

Cabe ressaltar que testes realizados com água da fonte de captação da COSANPA em Janeiro de 2008, durante a estadia da aluna no município em razão de sua participação no Projeto Rondon, indicaram presença de fosfatos na concentração de 4 ppm – correspondendo a aproximadamente 4 mg/L – o que revela teor maior do que aqueles encontrados durante o mês de Julho (aproximadamente 1,7 mg/L). Isto pode estar relacionado à maior incidência de chuvas em Janeiro na região de estudo, o que pode levar ao maior carreamento de substâncias da superfície para a água subterrânea.

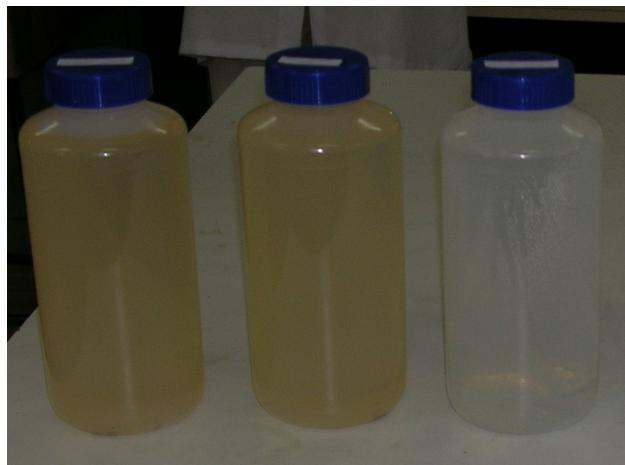


Figura 47. Amostras de água coletadas da COSANPA, no local de captação, em casa distante desta e em Posto de Saúde, respectivamente.

No caso de Piçarreiras, comunidade próxima ao lixão municipal, a qual pode receber maior influência de contaminantes dele provenientes, merecem destaque os parâmetros de condutividade e coliformes. Dado que a condutividade é parâmetro indicativo de presença de poluentes, é preciso atentar para a possibilidade de contaminação desta fonte, dado que está consideravelmente acima do valor 100 uS/cm apontado pela CETESB (2001) como indicativo de ambiente impactado. A presença de coliformes fecais e de fosfatos são outros indicativos de contaminação por esgotos sanitários.

Com base no exposto, é necessário realizar testes de íons em específico ou de metais pesados que podem ser associados à contaminação pela inadequada disposição de lixo – como, por exemplo, a quantificação dos cloretos como forma a verificar o grau de periculosidade que o lixão apresenta para as fontes de captação de água na região. A identificação de contaminação da captação pelo lixão é de importância fundamental, dado que podem estar presentes contaminantes muito mais danosos à saúde humana que aqueles analisados pelos parâmetros examinados neste estudo.

Cabe ressaltar que a localização do lixão é inadequada também sob outros aspectos, por estar muito próxima das moradias da comunidade e sem qualquer controle de acesso. Este último aspecto permite o contato de moradores – e principalmente catadoras e crianças – com o lixo, o que leva à grande incidência de doenças de pele no local. Neste sentido, a medida mais recomendável é interromper o funcionamento desse lixão e escolher outro local para deposição de resíduos e outra técnica menos impactante de disposição final. Isto possibilitaria melhor proteção dos recursos hídricos locais e preservaria a saúde dos moradores.

As demais fontes de abastecimento apresentaram parâmetros de cor, turbidez e pH dentro do estabelecido pela Portaria 518, com exceção do valor de pH da água de Tauarizinho, igual a 5,7. Neste caso, também foi verificada concentração de nitrato superior ao valor 3,0 mg/L estabelecido por Alaburda e Nishihara (1998) como limite indicativo de contaminação. O valor de condutividade se mostrou elevado para a maioria das amostras coletadas, o que, mais uma vez, indica possível contaminação (CETESB, 2001).

É importante ressaltar que, por terem sido encontrados valores baixos de pH e altos de condutividade em todas os sistemas analisados, há possibilidade de alto potencial de corrosão da água abastecida, fato que pode afetar e prejudicar a rede de distribuição da cidade (CETESB, 2010). Isto deve ser mais profundamente analisado a fim de evitar deterioração da rede de abastecimento e aumento das possibilidades de contaminação.

Em relação aos resultados das análises fornecidos pela COSANPA (ANEXO C), todos os parâmetros analisados estavam de acordo com a Portaria 518/2004. No caso das concentrações de ferro e dureza, serão aceitos na discussão deste trabalho pelo fato de não ter sido possível realizar tais coletas.

Na maioria dos casos, foi encontrado teor de ferro abaixo do padrão de potabilidade, com exceção do ponto à saída do sistema. Por terem sido encontrados teores de ferro aceitáveis, é possível presumir que os valores de cor encontrados no sistema da COSANPA são majoritariamente devidos a compostos orgânicos, o que vai ao encontro do fato de a captação estar próxima de região de várzea, às margens do Rio Apuí. Este fato leva a riscos na adoção da cloração da água de distribuição devido ao potencial de formação de THM, compostos reconhecidamente cancerígenos. No entanto, é preciso adotar escala de prioridade: uma vez que o risco oferecido pela contaminação microbiológica da água é mais evidente, é sugerida a adoção da cloração, ainda que isto possa levar a riscos de formação de THM. Este processo deve ser, contudo, acompanhado de monitoramento a fim de minimizar os riscos à saúde pública.

No caso, no entanto, de a coloração da água ser devida à presença excessiva de ferro na amostra – que pode ser possível dada à aparência da água, ilustrada na Figura 48 e com base nas reclamações da população –, é possível assumir que a cloração pode ser adotada para desinfecção da água sem que haja prejuízos à saúde da população. Para tanto, devem ser realizadas mais análises e verificações a fim de proporcionar maior conhecimento dos compostos que atribuem cor à água, fato que compromete ou não a adoção da cloração.

É necessário ressaltar, mais uma vez, que ainda que não seja conhecida a origem dos altos teores de cor da água abastecida, é fortemente recomendada a adoção de cloração para adequação da água sob o ponto de vista microbiológico, uma vez que este atribui, certamente, risco mais evidente. Vale lembrar que o monitoramento para avaliação do risco deste procedimento é imperativo.



Figura 48 Amostra de água da COSANPA, com existência de flocos de aparência ferruginosa, rapidamente sedimentáveis.

Em relação à dureza, os resultados mostrados pela COSANPA indicam adequação aos parâmetros de potabilidade. No entanto, como existem insatisfações e reclamações freqüentes da população relacionadas à dureza da água – especialmente provenientes dos sistemas de abastecimento do bairro Coréia e da comunidade de Piçarreiras – devem ser levados a efeito mais experimentos a fim de verificar a real adequação da água abastecida.

Dentro do exposto, os problemas relativos à qualidade da água no município e à incidência de doenças de veiculação hídrica estão relacionados a uma conjunção de fatores, entre os quais:

- i. Contaminação constante pelas atividades antrópicas, devido à inexistência de faixa de proteção dos mananciais subterrâneos, à falta de planejamento de uso e ocupação do solo e à inadequação sanitária dos poços;
- ii. Falta ou ineficiência da limpeza e manutenção dos reservatórios;
- iii. Abastecimento intermitente, prejudicando a qualidade da água abastecida;
- iv. Ausência de sistemas de desinfecção, obrigatórios em sistemas de abastecimento – mesmo provenientes de captação subterrânea;

- v. Falta de consciência da população relacionada à proteção da qualidade da água, aos hábitos de higiene e à disposição adequada de resíduos e excretas.

Neste sentido, é imprescindível o monitoramento e adequação das fontes de abastecimento de água para o referido município, bem como a implementação de programas de educação ambiental e sanitária. É fundamental que as companhias responsáveis pelos sistemas de abastecimento (COSANPA ou Prefeitura) implementem o plano de amostragem previsto pela Portaria 518/2004, de forma a identificar contaminações e riscos à população.

Também é importante que seja priorizadas as obras de saneamento no município, com implantação de ações simples – como limpeza e manutenção adequada dos reservatórios – ou mais complexas – como mudança de locais de captação, implantação de faixas de proteção com desapropriação de terras e de sistemas de desinfecção de água, bem como adequação do uso e ocupação do solo, com monitoramento das fossas sépticas e dos locais de disposição do lixo. Também é exequível implementar formas de desinfecção a nível domiciliar – fervura da água, exposição à radiação solar, cloração – mas isto necessitaria de grande conscientização e comprometimento da população para tornar o combate às doenças de veiculação hídrica eficiente.

Finalmente, em relação à disposição de excretas e esgotos, é recomendada a adoção de sistemas sem veiculação hídrica, como têm sido adotados no município, atentando-se para os aspectos de higiene e estéticos. Isto se deve à maior adequabilidade destas técnicas ao caso estudado, dado que são de menor custo, implicam em menor risco de poluição dos mananciais e já possuem aspectos culturais favoráveis.

Neste sentido, dado que as fossas secas já são amplamente empregadas no município, é preciso continuar sua adoção nos casos em que não haja proximidade com o lençol; nesta situação também é preciso promover adequada cobertura dos buracos para evitar o contato com moscas e outros animais, além de ter em vista a preservação dos aspectos estéticos. No caso de proximidade com o lençol e possibilidade de formação de fossas negras, é correto priorizar as fossas de fermentação, as quais possuem cobertura impermeável para evitar o contato com a água subterrânea.

As fossas sépticas podem ser adotadas nos casos em que já haja conexões hidráulico-sanitárias no domicílio. No entanto, é preciso promover controle da construção e manutenção,

a fim de assegurar a construção de estruturas de infiltração, a limpeza das fossas e retirada de lodo. Este monitoramento evita que haja contaminações da água subterrânea.

O governo local deve adotar medidas de controle e monitoramento da construção e manutenção de fossas sépticas e secas, para evitar a contaminação, a ocorrência de vazamentos e a formação de fossas negras. Deve também auxiliar a escolha dos melhores locais para perfuração de poços e locação dos pontos de destino final de resíduos, excretas e esgotos.

6.3. Análise das possibilidades de desinfecção da água

Com base na metodologia descrita no item 5.3., não foram encontrados coliformes na amostra de água após aplicação de hipoclorito de sódio na dosagem indicada pelo frasco.

No entanto, a cor da amostra após aplicação de cloro ainda foi elevada, igual a 35 uH, o que evidencia o risco de adoção de cloração como método de desinfecção da referida amostra de água sem pré-tratamento, dado o potencial de formação de trihalometanos, compostos reconhecidamente cancerígenos. Neste sentido, algumas possibilidades possuem potencial de melhoria na qualidade da água:

- i. Adoção de sistema contínuo de abastecimento;
- ii. Adoção de sistemas de tratamento visando à redução de cor e turbidez;
- iii. Adoção de proteção sanitária dos poços;
- iv. Mudança do local de captação para outro com menor potencial de contaminação, ou implantação de ampla faixa de proteção dos mananciais, o que pode possibilitar a diminuição dos teores de cor e turbidez e seja aplicável a cloração direta.

A primeira e a segunda opções constituem alternativas positivas na redução dos parâmetros de cor e turbidez, no entanto não alteram os demais compostos que podem estar presentes da água captada e que não foram avaliados neste trabalho. É perceptível que a fonte de captação de água da COSANPA é inadequada, com possível incidência de diversos compostos prejudiciais a saúde humana, os quais não foram quantificados por este estudo. Neste sentido, não basta que seja implantado sistema de tratamento para eliminação de cor e turbidez se outros parâmetros de qualidade ainda estiverem inadequados. Por isso é necessário mudar o local de captação de água, para outro com cota mais elevada e mais protegido de

fontes de contaminação; ou realizar amplo trabalho de proteção dos mananciais, com restrição do uso e ocupação e com implantação de área vegetada para bloqueio do escoamento superficial até o local de captação.

Com base em informações cedidas pela Prefeitura Municipal de Peixe-Boi e pela COSANPA, no entanto, há intenção de perfuração de novos poços em local mais protegido e de cota mais elevada para substituição dos poços rasos atualmente utilizados para abastecimento pela COSANPA. Assim, entre as alternativas para melhoria da qualidade da água de abastecimento da COSANPA, é preciso priorizar a mudança do local de captação, com perfuração de novos poços. Caso não seja possível, é necessário implantar tratamento simplificado da água.

As mesmas observações relativas a compostos perigosos possivelmente existentes na água abastecida são aplicáveis ao micro-abastecimento de Piçarreiras, o qual demonstrou, como já descrito, grande potencial de contaminação. Por isso, urge não apenas a mudança do local de captação de água, mas também o distanciamento da disposição de resíduos em relação às moradias. Caso a atividade do lixão e a ocupação pela comunidade de Piçarreiras continuem, é recomendada a adoção de outro manancial para consumo humano, como a captação de água pluvial.

Cabe ressaltar que, dada a incidência freqüente de chuvas na região, é possível adotar a captação de água pluvial como recurso hídrico. Esta água captada poderia causar menor rejeição da população (menores valores de dureza e teor de ferro, bem como de cor e turbidez). Neste caso haveria menores preocupações com a ocorrência de compostos perigosos provenientes de fontes de contaminação na superfície, pois bastaria a desinfecção da água e, obviamente, a limpeza e manutenção adequada dos telhados ou superfícies de captação. Esta é uma opção interessante no caso do município, cujo embasamento geológico, o calcário, torna a água subterrânea mais vulnerável à contaminação. No entanto, seriam necessários investimentos iniciais para implantação de estruturas adequadas de captação, em nível domiciliar ou comunitário. Estas estruturas são altamente recomendadas nos casos em que seja evidente a contaminação do lençol subterrâneo, como no caso de Piçarreiras.

Para as demais fontes de captação, as quais apresentaram já na amostra bruta valores de cor e turbidez aceitáveis, não é necessário implantar qualquer outro processo de tratamento, sendo a cloração suficiente para a eliminação dos coliformes sem maiores riscos à

saúde pública. No entanto, é necessário atentar para a proteção sanitária dos mananciais, a qual é altamente recomendável e não foi detectada no caso de Tauarizinho, por exemplo.

Em relação à desinfecção por meio da radiação solar, não foi possível realizar o experimento, dada a constante incidência de chuvas na região. Por este motivo, esta alternativa pode ser considerada pouco aplicável como única forma de desinfecção, dada sua dependência com fatores climáticos, em especial na região de estudo, extremamente chuvosa. Esta tecnologia, no entanto, pode ser aplicada em nível domiciliar como forma complementar de desinfecção, sempre que as condições climáticas sejam favoráveis.

6.4. Considerações finais e propostas de adequação

Com base o exposto, serão aqui resumidas as principais falhas encontradas em cada microsistema estudado e serão tecidas recomendações e propostas de adequação dos mesmos.

➤ **COSANPA**

Principais falhas:

- Poços rasos sem cobertura ou laje de proteção;
- Não foi possível saber se há revestimento interno nos primeiros 3 metros, devendo-se atentar para este fato;
- Há ocorrência de enxurradas no local com acúmulo de água na parte superior do poço, a qual infiltra após alguns minutos de término das chuvas;
- Fácil acesso de pessoas e animais;
- Proximidade de fossas secas e criação de animais, a montante da captação. Ainda que não tenha sido detectada fonte contaminante em um raio de 15 metros da captação, cabe ressaltar que o embasamento é de calcário, o que deixa o lençol mais vulnerável e leva à necessidade de manutenção de maiores distâncias;
- Há apenas um poço profundo, cuja água se mistura às demais e acaba contaminada;
- Não há processo de cloração.

Recomendações

- *Alternativa 1:* promover o fechamento dos poços rasos utilizados pela COSANPA e substituí-los por outro poço, mais profundo e mais bem localizado, e manter o poço profundo já existente. Para o novo poço, a sugestão de local é aquele em que já teria sido iniciada a perfuração de um poço pelo projeto Alvorada, situado no bairro América, pouco abaixo do micro sistema de abastecimento da Eliolândia (ver ANEXO B). Este poço e o outro profundo existente deverão ser adequados sob o ponto de vista sanitário, construindo laje superior e revestimento nos primeiros 3 metros a partir da superfície, como recomendado na revisão bibliográfica (item 4). O sistema possivelmente possuirá menores valores de cor e turbidez, o que permitirá simples desinfecção como tratamento. Em relação aos teores de ferro, caso continuem a causar desconforto à população, podem ser removidos por sistemas simples de aeração. No entanto, o problema principal a ser combatido é o microbiológico, o que poderá ser contornado pela proteção sanitária dos poços e adoção da cloração.
- *Alternativa 2:* manter os poços rasos existentes, promover sua adequação sanitária (revestimento nos primeiros 3 metros e construção de laje superior), adotar tratamento simplificado da água para remoção de cor e turbidez seguido de desinfecção com cloro. Também é sugerida a adoção de filtro lento, o que possibilitaria remoção de cor, turbidez, ferro, manganês e microrganismos, como exposto na Tabela 9. Neste caso devem ser realizadas mais coletas de amostras da qualidade da água; se forem detectados altos valores de turbidez, vale optar pela FiME. Ambas a filtração lenta e a filtração em múltiplas etapas parecem sistemas de tratamento aplicáveis no município, envolvendo menores gastos de implantação, operação e manutenção.
- Priorizar a *Alternativa 1*, a qual possui menor risco de distribuição de água contaminada e maior barreira sanitária. Neste sentido, como exposto por Dacach (1962), devem ser priorizados mananciais seguros ao tratamento de água de manancial contaminado;
- Promover frequentes lavagens e desinfecção do reservatório e do poço;
- Promover cloração da água seja após *Alternativa 1* (simples desinfecção) ou 2 (filtração lenta +desinfecção);
- Promover limpeza da rede para eliminação de impurezas e realizar manutenção no caso de falhas. Isto é importante caso seja adotada a cloração com manutenção de

residual na rede (o que é uma solução recomendável), dado que evita a formação de THM;

- Adequar a bacia de contribuição, adotando distanciamentos superiores aos mínimos recomendados, pelo fato de o subsolo ser de calcário;
- Controlar as águas pluviais que chegam aos poços, desviando-as para outro local para evitar acúmulo na parte superior das captações;
- Controlar o acesso aos locais onde estiverem os poços, evitando entrada de pessoas e animais;
- Realizar coleta de amostras com freqüência, feitas pela distribuidora (no caso COSANPA), de forma a verificar se a água distribuída está de acordo com a Portaria vigente.

➤ **Coréia, Eliolândia, Mozart, Ananim, Urubuquara, Pedras, Salgado e Tauarizinho**

Principais falhas:

- Inexistência de processo de desinfecção;
- Não há manutenção de faixa de proteção no caso da captação da Coréia, tendo sido detectada fossa séptica à distância de 6 metros;
- Não há conhecimento da existência de revestimento nos primeiros 3 metros do poço;
- Inexistência de cobertura superior no caso de Tauarizinho;
- Em muitos casos não há limpeza e manutenção freqüente dos reservatórios.
- Detecção de lançamento de lixo nas proximidades da captação de Salgado.

Recomendações:

- Promover desinfecção com cloro nestes sistemas, não sendo necessário pré-tratamento dado que a água nestes locais já é límpida (não possui cor nem turbidez);
- A cloração pode ser feita através de pastilhas ou dos cloradores EMBRAPA, como descrito na revisão bibliográfica;

- Promover limpeza e manutenção dos poços, dos reservatórios e da rede;
- Verificar existência de revestimento dos poços. Caso não haja, promover reforma e adequação sanitária dos mesmos;
- No caso de Tauarizinho, promover a cobertura da porção superior do poço com laje de concreto;
- Fechar as fossas sépticas e secas nas proximidades das captações;
- Não permitir disposição do lixo nas proximidades da captação de Salgado;
- Promover adoção de faixa de segurança ao redor das captações, possivelmente superior a 15 metros, dado o embasamento de calcário.

➤ **Picarreiras**

Principais falhas:

- Proximidade do lixão municipal, com possível carga contaminante de alto risco e magnitude;
- Inexistência de processo de desinfecção;
- Limpeza e manutenção dos reservatórios sem freqüência adequada, segundo reclamações da população;
- Não há conhecimento da existência de revestimento interno do poço.

Recomendações:

- No caso da comunidade de Piçarreiras é recomendada a adoção e construção de sistemas para captação da água pluvial, dado o alto risco envolvido no consumo da água de poços localizados na proximidade e a jusante do lixão municipal, em terreno possivelmente de calcário. A adoção destes sistemas em local de alta pluviosidade, que é o caso, permite diminuir os custos e fornecer água segura a pequenas comunidades. Há necessidade de atrelar o sistema a um método de desinfecção, possivelmente a cloração com pastilhas nas cisternas.
- É extremamente condenável a existência de comunidade nas proximidades do lixão municipal, também pelo fácil acesso das pessoas e crianças a este, facilitando a contração de doenças de pele, o que é fato no local. É recomendado isolamento e controle do acesso à área de lixão. Também é recomendado o fechamento do lixão e a

adoção de método menos poluente e impactante de disposição do lixo. É essencial, ainda, que se distancie o local de disposição final do lixo de habitações.

- Realização de limpezas freqüentes dos reservatórios e da rede.

➤ **Destino de excretas**

Principais falhas:

- Ocorrência de fossas negras no município, com evidente contaminação do lençol;
- Falta de higiene das privadas secas, sem cobertura adequada dos buracos, o que permite a proliferação de moscas e mau cheiro;
- Possibilidade de vazamento das fossas sépticas, dado que não é conhecida a existência de estruturas de infiltração e de esvaziamento dos tanques;
- Proximidade das estruturas de destinação de excretas com poços.

Recomendações:

- Adoção de fossas secas sempre que a profundidade do lençol permitir, contudo atentando para os aspectos estéticos e de higiene, promovendo a cobertura adequada dos buracos;
- Adoção de fossas de fermentação quando a profundidade do lençol não permitir a primeira opção;
- Adoção de fossas sépticas quando existirem instalações hidráulico-sanitárias no domicílio, e quando houver disponibilidade de recursos para sua adequada construção e manutenção. Seguir as recomendações da NBR 7229/1993.
- Adoção de distâncias mínimas a partir dos poços;
- A Prefeitura deve promover monitoramento das construções de fossas sépticas e secas, fornecendo diretrizes para sua adequada localização, construção e manutenção.

➤ **Tratamento caseiro**

Recomendações:

- No caso de a água chegar contaminada aos domicílios, incentivar a adoção de tratamentos domésticos;
- Neste caso, promover conscientização, orientação e educação ambiental da população, incentivando a adoção de métodos de desinfecção como fervura, cloração e SODIS;
- Priorizar a fervura, sempre que houver recursos energéticos;
- Distribuir frascos de hipoclorito de sódio a 2,5% nos domicílios, dado que estes se encontram disponíveis para doação no Posto de Saúde do Município de Peixe-Boi.
- Como última opção, adotar a SODIS sempre que houver radiação solar por 6 horas seguidas. Este método parece, no entanto, pouco compatível para ser utilizado em longo prazo no município, devido aos longos períodos de chuva.

7. CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto, é possível concluir que os maiores problemas relacionados à qualidade da água utilizada para abastecimento no município de Peixe- Boi são:

- i. falta de planejamento territorial e de adequação da ocupação – com atividades desenvolvidas na superfície interferindo negativamente nos recursos hídricos –;
- ii. inadequação sanitária das captações, e
- iii. ausência de processos de desinfecção anteriormente à distribuição da água, processo necessário a qualquer sistema de abastecimento.

Neste sentido, é necessário, primeiramente, adequar a ocupação do solo de forma a promover eficiente proteção dos mananciais subterrâneos. Urge que sejam adequados os serviços de saneamento – de disposição de esgotos, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem urbana – a fim de evitar a contaminação por fossas e lixões, diminuir as cargas contaminantes e disciplinar o escoamento superficial e o decorrente carreamento de poluentes a pontos críticos. É importante ressaltar que o acesso a estruturas de saneamento deve ser garantido a qualquer cidadão, de forma que é imprescindível que ações neste sentido sejam priorizadas pelos governos.

Além disso, vale salientar a necessidade de implantação de faixas de proteção dos mananciais subterrâneos a fim de restringir seu uso e evitar a criação de animais, disposição de resíduos, excretas e até mesmo de águas cinzas nas proximidades das captações. Este fator é de grande importância por ser conhecido que o embasamento geológico do município é calcário, o qual é reconhecidamente mais vulnerável à contaminação e necessita de maiores distanciamentos de segurança a partir da fonte poluidora.

Além da adequação das atividades na superfície, é necessário promover a proteção sanitária das captações, conforme as recomendações tecidas no item 4.2.2.2. Como exemplo de ações neste sentido são citadas a promoção de revestimento dos poços nos primeiros 3 metros a partir da superfície e a cobertura com laje de concreto na parte superior.

Em conjunto com as ações citadas, é necessária a implantação de sistemas de desinfecção de água no município. O método mais indicado neste caso é a cloração, pela facilidade de obtenção e viabilidade econômica; a radiação solar mostrou ser um método pouco aplicável em larga escala e em períodos de tempo maiores, dados os fatores climáticos locais.

Cabe ressaltar que a qualidade da água bruta a ser tratada com cloração deve ser criteriosamente controlada e monitorada, de forma a evitar a ocorrência de parâmetros elevados de cor e turbidez e a consequente formação de subprodutos. Caso necessário, deve ser adotado tratamento simplificado, como a filtração lenta, para melhoria da qualidade da água a ser clorada. No entanto, ainda que a água bruta seja inadequada para adoção de cloração direta, esta deve ser adotada como medida de urgência, com a finalidade de diminuir o risco evidente de contração de doenças infecciosas.

É interessante, ainda, que seja incentivada a adoção de técnicas de desinfecção da água em nível domiciliar, com aplicação de hipoclorito de sódio cedido pelo Posto de Saúde Municipal, fervura da água ou exposição, em garrafas pet, à radiação solar. Estes métodos são importantes nos casos de distribuição de água contaminada, por fornecerem uma barreira sanitária a mais. No entanto, sua utilização em larga escala pela população dependeria de extensos programas de educação sanitária e ambiental.

Em conjunto com o exposto, é necessário promover a limpeza e manutenção adequada e freqüente dos reservatórios e da rede. Também é sugerido que o abastecimento se torne continuo, de forma a evitar deterioração da qualidade da água.

Do exposto, é possível concluir serem necessárias, para o efetivo combate das doenças de veiculação hídrica no município, a adoção da cloração em larga escala associada a programas de educação ambiental para conscientização da população, a proteção sanitária dos mananciais e a realização de planejamento territorial pela Prefeitura Municipal. Estes fatores são de fundamental importância à saúde da população, à diminuição de gastos com intervenções médicas e ao aumento da confiabilidade da população nos sistemas públicos de abastecimento, o que elimina a necessidade de suprimento externo de água e melhora a qualidade de vida da população de Peixe-Boi.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. *Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços.* São Paulo: Rev.Saúde Pública, v.32, n.2.1998.

BRASIL, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jan. 2007

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, 24 de março de 2004.

BRATBY, J. *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment.* Londres, Inglaterra: IWA Publising. 2006.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Estado de São Paulo. *Variáveis de qualidade das águas.* 2001. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Aqua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 30 jul. 2010.

CHERNICHARO, C. A. L; HELLER, L. *Tratamento e disposição final dos esgotos no meio rural.* Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

DACACH, N. G. *Seleção de mananciais para abastecimento d'água de pequenas comunidades brasileiras.* Salvador: S.A. Artes Gráficas, 1962.

DACACH, N. G. *Saneamento Básico.* Rio de Janeiro: E.D.C., 1990.

DANIEL, L. A. (coord.) *Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável.* Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.

DI BERNARDO, L. (coord). *Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas.* Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 1999.

DI BERNARDO, L. (coord.). *Tratamento de água para abastecimento por filtração direta*. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2003.

EHLERS, V.M.; STEEL, E.W. *Saneamento Urbano e Rural*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1948.

FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Brasília: CPRM, 1998.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D;D'ÉLIA, M.; PARIS, M. *Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos e agências ambientais*. São Paulo: Servmar. 2006.

GNADLINGER, J. *A busca de água no sertão: convivendo com o semi-árido*. Juazeiro/BA: IRPAA, 2001

HELLER, L. *Saneamento e saúde*. Brasília: OPS/OMS. 1997.

HOFKES, E.H. *Small community water supplies*. Great Yamouth: Galliards Ltda, 1988.

JULIÃO, F.C. *Água para consumo humano e saúde: ainda uma iniqüidez em área periférica do município de Ribeirão Preto – SP*. Dissertação (mestrado). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2003.

LEWIS, W.J.; FOSTER, S.S.D.;DRASAR, B.S. *Analises de contaminacion de las aguas subterraneas por sistemas de saneamiento básico*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniera Sanitaria y Ciencias Del Ambiente, 1988.

LUBY,S.M.D. et al. *A low-cost intervention for cleaner drinking water in Karachi, Pakistan*. International Journal of Infectious Diseases, Vol. 5, n.3, 2001

LUTTEMBARCK, B.B.H. *Fossa séptica*. São Paulo: CETESB, 1989.

MACEDO, C.G. *Ponderación de los riesgos de origen microbiano y químicos em La desinfección Del agua potable: la perspectiva panamericana*. Bol. Oficina Panam. Salud, 1993.

Disponível em <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/repind55/ponrie/pon.html>

Acesso em: 01 ago. 2010

MANN, H.T; WILLIAMSON, D. *Water Treatment and Sanitation: Simple Methods for Rural Areas*. Intermediate Tecnology Publications Ltd, London, 1982.

MEIERHOFER, R.; WEGELIN, M. *Desinfecção solar da água: guia de aplicações do sodis*. EAWAG/SANDEC, 2002. Disponível em http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_p.pdf Acesso em: 02 jul. 2010.

MOREIRA, M.J.; PATERNIANI, J.E.S. *Uso de garrafas pet e energia solar na desinfecção de águas em comunidades rurais*. Eng. Ambient. - Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 060-069, jan/dez 2005.

MORENO, J. *Avaliação sanitária das captações e reservatórios de água em pequenas comunidades rurais da região de Bauru, SP*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1995.

MOTTA, S. *Saneamento*. In: Rouquayrol, M.Z. *Epidemiologia & Saúde*.4.ed. Rio de Janeiro: MEDS, 1993, Cap.12, p.343-364.

MOURA, R.B.S. *Análise sanitário-ambiental da exposição da população em Tucuruí, PA*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2006.

NAKAMOTO, N. *Produza você mesmo água saborosa: sistema de purificação ecológica: revendo a tecnologia de produção de água potável*. São Paulo: Ferrari Editora e Artes Gráficas, 2009.

NTENGWE, F.W. *The cost benefit and efficiency of waste water treatment using domestic ponds – the ultimate solution in Southern Africa*. Physics and Chemistry of the Earth 30 (2005). Disponível em www.sciencedirect.com, Acesso em: 20 abr. 2010.

OLIVEIRA, W. E. *Importância do abastecimento de água: a água na transmissão de doenças*. In: CETESB Técnica de abastecimento e tratamento de água. 2.ed., São Paulo, 1976.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS. Diarrhoeal disease. 2009. Disponível em <http://www.who.int/topics/diarrhoea/en/>

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS. Sanitation challenge: Turning commitment into reality. 2004. Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/envsan/sanitchallenge/en/index.html

PATERNANI, J. E. S; SILVA, M. J.M.; *Desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): avaliação do uso do dispositivo para concentração dos raios solares*. Engenharia sanitária e ambiental, volume 10, nº1. Rio de janeiro, 2005. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/esa/v10n1/v10n01a01.pdf> Acesso em: 20 Jun 2010

PATERNANI, J.E.S.; MANTOVANI, M.C; SANT'ANNA, M.R. *Uso de sementes de Moringa oleifera para tratamento de águas superficiais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.6, p.765–771, 2009 Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2009.

PETER-VARBANETS, M. et al *Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology*. Water Research 43 (2009). Disponível em www.sciencedirect.com. Acesso em: 03 mai. 2010.

PHILIPPI JUNIOR, A. *Saneamento, saúde e ambiente*. São Paulo: Manole, 2004.

QUICK, R.E. et al. *Diarrhoeae prevention in Bolivia through point-of-use water treatment and safe storage: a promising new strategy*. Epidemiol. Infect, v.122, 1999.

Disponível em http://www.cdc.gov/safewater/publications_pages/1999/quick_1999.pdf
Acesso em 10 nov. 2009.

SANTAMARIA, A. et al *Uso de luz solar (SODIS e SOPAS) para desinfecção de águas de consumo humano. Aplicação em comunidades rurais*. ABES, 24º congresso de engenharia sanitária e ambiental, 2007. Disponível em <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/I-033.pdf> Acesso em 20 jun. 2010

SCHMID, P. et al *Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water?* Water research 42, 2008. Disponível em www.sciencedirect.com Acesso em 20 jun. 2010

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS (SEPOF). *Estatística Municipal: Peixe Boi*. Disponível em http://www.sepof.pa.gov.br/estatistica/ESTATISTICAS_MUNICIPAIS/Mesorr_Nordeste/Bragantina/PeixBoi.pdf . Acesso em: 15 nov. 2009.

SILVA, H.K.S; ALVES, R.F.F. *O Saneamento das águas no Brasil*. 2006
Disponível em www.cf.org.br/cf2004/saneamento.doc Acesso em 20 nov. 2009

SILVA, D. D.; PRUSKI, F.F. *Gestão de recursos hídricos: aspectos legais,econômicos, administrativos e sociais*. Brasília; Viçosa: Secretaria de Recursos Hídricos: Universidade Federal de Viçosa, 2000.

SIMPOSIO REGIONAL SOBRE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION SANITARIA DE EXCRETAS EM AREAS URBANAS MARGINADAS, 1984, Santiago, Chile. *Memorias del Simposio realizado em Santiago, Chile*. Lima, Peru: CEPIS, 1986.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS).
Diagnóstico 2005. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 15 nov. 2009

SMET, J.; VAN WIJK, C. (eds). *Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership*. Deft, the Netherlands. IRC International Water and Sanitation Centre, 2002.

VAN HALEM, D. et al *Assessing the sustainability of the silver-impregnated ceramic pot filter for low-cost household drinking water treatment*. Physics and Chemistry of the earth 34, 2009. Disponível em www.sciencedirect.com. Acesso em 20 abr. 2010.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

U.S.EPA. *Manual of Small Public Water Supply Systems*. USA, CRC Press, 1992.

VALENCIA, J.A. *Teoria y practica de La purificacion Del agua*. Mc Graw- Hill, 2000.

WAGNER, E.G.; LANOIX, J.N. *Water supply for rural areas and small communities*. Genebra, OMS, 1959.

Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/monograph42.pdf.
Acesso em Jun 2010

WRIGHT, F.. *Rural water supply and sanitation*. 3ed. Nova Yorque, Robert E. Krieger Publishing Company, 1977.

Sítios visitados:

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)

www.ibge.gov.br/

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE (OPAS).

<http://new.paho.org/bra/>

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE

www.who.int/

ANEXOS

ANEXO A – Formulário com dados de saneamento do município de Peixe-Boi – PA.

 Governo do Pará www.pa.gov.br		1
INFORMAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
Município: <u>Peixe-Boi</u> Nome do Respondente: <u>Eduardo Jaquez Pardini</u> Cargo/Função <u>Secretário de Meio Ambiente</u> Telefone para contato <u>(91) 3821-1281</u> E-mail: <u>eduardo@bol.com.br</u> Data do preenchimento <u>20/09/2009</u> N° do questionário (não preencher) <u>007</u> <u>3821-1281</u>		
ESTRUTURA ADMINISTRATIVA		Observações
P1 - O Município possui um órgão ou setor responsável pelo saneamento básico? 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM Qual <u>Secretaria Municipal de Obras, de Urbanismo e Servos Públicos</u>		
P2 - O Município possui uma secretaria ou coordenação de meio ambiente/recursos hídricos? 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM Qual <u>Secretaria Municipal de Meio Ambiente</u>		
P3 - Há profissionais compondo a equipe técnica de saneamento básico? Quais? Quantos? 1 <input type="checkbox"/> ARQUITETOS. Quantos? _____ 2 <input type="checkbox"/> ENGENHEIROS SANITARISTAS. Quantos? _____ 3 <input type="checkbox"/> TÉCNICOS EM SANEAMENTO. Quantos? _____ 4 <input type="checkbox"/> ASSISTENTES SOCIAIS. Quantos? _____ 5 <input checked="" type="checkbox"/> OUTROS. <u>Secretário, aux. adm., braçal, zelador de Mercado, encarregado</u> Quantos? _____ 6 <input type="checkbox"/> NÃO EXISTEM		
P4 - Os projetos do setor saneamento implementados pela Prefeitura são: 1 <input type="checkbox"/> desenvolvidos pela equipe técnica disponível no quadro da Prefeitura 2 <input type="checkbox"/> contratados com profissionais externos 3 <input type="checkbox"/> não estão sendo desenvolvidos projetos do setor saneamento 4 <input type="checkbox"/> apoio de associações municipais 5 <input checked="" type="checkbox"/> Outro <u>Parte por equipe da Prefeitura e parte por profissionais</u>		
INVESTIMENTOS EM SANEAMENTO BÁSICO		Observações
P5 - A Prefeitura Municipal tem investido em saneamento básico? Esgotamento Sanitário 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input type="checkbox"/> SIM. Quais _____ Abastecimento de Água 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM. Quais <u>sistemas</u> Drenagem Urbana 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM. Quais <u>limpeza pública e proteção contra enxosque</u> Limpeza urbana e Manejo de Resíduos Sólidos 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM. Quais <u>limpeza urbana e coleta de lixo</u>		
P6 - Que programas para o setor saneamento vem acessando para conseguir recursos? 1 <input type="checkbox"/> PAC FUNASA 2 <input type="checkbox"/> Convênio FUNASA 3 <input type="checkbox"/> MCidades 4 <input checked="" type="checkbox"/> Outros <u>SEPOF / Gov. Estado</u>		
P7 - Onde se percebe maior carência de investimentos no setor saneamento no município? 1 <input type="checkbox"/> área urbana 2 <input type="checkbox"/> área rural 3 <input checked="" type="checkbox"/> áreas urbana e rural		
GESTÃO DEMOCRÁTICA		Observações
P8 - Quais os Conselhos existentes no município? 1 <input checked="" type="checkbox"/> Meio ambiente 2 <input type="checkbox"/> Saneamento básico 3 <input checked="" type="checkbox"/> Saúde 4 <input type="checkbox"/> Cidades 5 <input type="checkbox"/> Outros <u>Conselho Tutelar, do FUNDEB, de Alimentação Escolar, de Desenvolvimento Faz</u>		
P9 - Quais as Leis existentes no município? 1 <input type="checkbox"/> Meio ambiente 2 <input type="checkbox"/> Recursos hídricos 3 <input type="checkbox"/> Saneamento básico 4 <input type="checkbox"/> Educação ambiental 5 <input type="checkbox"/> Código sanitário 6 <input type="checkbox"/> Desenvolvimento urbano 7 <input checked="" type="checkbox"/> Outros <u>Código de Posturas do Município</u>		
P10 - Quais os Planos existentes no município? 1 <input type="checkbox"/> Saneamento básico 1.1 <input type="checkbox"/> Abastecimento de água 1.2 <input type="checkbox"/> Resíduos sólidos 1.3 <input type="checkbox"/> Drenagem urbana 1.4 <input type="checkbox"/> Esgotamento sanitário 2 <input type="checkbox"/> Meio ambiente 3 <input type="checkbox"/> Recursos hídricos 4 <input type="checkbox"/> Plano diretor saneamento básico 5 <input type="checkbox"/> Educação ambiental 6 <input type="checkbox"/> Desenvolvimento urbano 7 <input checked="" type="checkbox"/> Outros <u>Zona de Proteção de Penas</u>		
		<u>Plano de Desenvolvimento Rural</u>



Governo do Pará

SERVIÇO: ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Pergunta	Resposta	Observações
P11 - Como é a estrutura organizacional dos serviços de esgotamento sanitário?	<input checked="" type="checkbox"/> Secretaria <input type="checkbox"/> Departamento <input type="checkbox"/> Divisão. <input type="checkbox"/> Setores <input type="checkbox"/> Outros.	
P12 - O município é atendido com rede coletora de esgoto sanitário?	<input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> SIM	<i>Sec. Neurápolis de Olhos, de Urbanas e Terras Patrimoniais</i>
Nº domicílio atendido (urbana):		
Nº domicílio atendido (rural):		
Volume de esgoto coletado (m ³):		
Extensão da rede de esgoto (m):		
P13 - No município quem é prestador dos serviços de esgotamento sanitário?	<input type="checkbox"/> Empresa contratada <input type="checkbox"/> COSANPA <input type="checkbox"/> Autarquia municipal <input type="checkbox"/> Outros. Quais _____	
Em caso de mais de um prestador,		
Nº domicílio atendido:		
Nº população atendida:		
P14 - Caso o município não possua rede coletora de esgoto sanitário, qual o destino final?	<input checked="" type="checkbox"/> Fossa biológica <input checked="" type="checkbox"/> Fossa negra <input type="checkbox"/> Tanque séptico <input checked="" type="checkbox"/> Rio, lago ou mar <input type="checkbox"/> Drenagem pluvial <input checked="" type="checkbox"/> Vala <input type="checkbox"/> Outros escoadouros	
P15 - O município é atendido com tratamento de esgoto sanitário?	<input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input checked="" type="checkbox"/> SIM. <i>A represa e war</i>	
Volume de esgoto tratado (m ³):		
Nº de estações de tratamento de esgoto:		
Qual o tipo de tratamento?	<input type="checkbox"/> Lagoa de estabilização <input type="checkbox"/> Lodo ativado <input type="checkbox"/> Outros. _____	
P16 - Quais os principais recursos hídricos no município que são lançados os esgotos tratado/bruto? (rios, igarapés, etc)	<i>Rio Peixe-boi, igarapé Tatajuba, rio Apuri</i>	
Área Urbana:	<i>Rio Peixe-boi, igarapé Tatajuba, rio Apuri</i>	
Área Rural:	<i>Rios Urubameara, Imanori, Pedras, A baté, Araripea, Vaca Fria</i>	

SERVÍCIO: LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Pergunta	Observações
P17 - Como é a estrutura organizacional da gestão de resíduos sólidos no município? 1 <input checked="" type="checkbox"/> Secretaria 2 <input type="checkbox"/> Departamento 3 <input type="checkbox"/> Divisão 4 <input type="checkbox"/> Setores 5 <input type="checkbox"/> Outros.	
P18 - Quais os tipos de resíduos sólidos produzidos no município? 1 <input checked="" type="checkbox"/> domiciliar 2 <input type="checkbox"/> público 3 <input checked="" type="checkbox"/> comercial 4 <input type="checkbox"/> industrial 5 <input type="checkbox"/> portos 6 <input type="checkbox"/> terminais ferroviários 7 <input checked="" type="checkbox"/> serviço de saúde 8 <input type="checkbox"/> agrícola 9 <input type="checkbox"/> terminais rodoviários 10 <input type="checkbox"/> aeroportos 11 <input checked="" type="checkbox"/> entulho	
P19 - Quem realiza o serviço de limpeza urbana no município? 1 <input type="checkbox"/> Prefeitura 2 <input type="checkbox"/> Empresa contratada 3 <input type="checkbox"/> Outros. <i>Prefeitura e Prestador de Serviço</i>	
P20 - Qual a entidade responsável pela coleta de resíduos de serviços de saúde? 1 <input type="checkbox"/> Prefeitura 2 <input type="checkbox"/> Empresa contratada 3 <input checked="" type="checkbox"/> Outros. <i>Prestador de Serviço</i>	
P21 - Existe algum serviço de limpeza pública terceirizado? 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM. Quais 1 <input checked="" type="checkbox"/> domiciliar 2 <input type="checkbox"/> público 3 <input checked="" type="checkbox"/> comercial 4 <input type="checkbox"/> industrial 5 <input type="checkbox"/> portos 6 <input type="checkbox"/> terminais ferroviários 7 <input type="checkbox"/> serviço de saúde 8 <input type="checkbox"/> agrícola 9 <input type="checkbox"/> terminais rodoviários 10 <input type="checkbox"/> aeroportos 11 <input checked="" type="checkbox"/> entulho	
P22 - O município conhece a composição gravimétrica (quantidade de vidros, plásticos, papel, matéria orgânica, metais e outros) do resíduo sólido domiciliar? 1 <input checked="" type="checkbox"/> NÃO 2 <input type="checkbox"/> SIM. Quais. % matéria orgânica _____ % papel _____ % vidro % plástico _____ % outros (quais ?)	
P23 - Qual a quantidade de resíduos sólidos coletados no município por tipo (ton/dia)? 2,50 domiciliar 0,10 serviço de saúde 0,0 entulho	
P24 - O município cobra pelo serviço de limpeza e/ou coleta de resíduos sólidos? 1 <input checked="" type="checkbox"/> NÃO 2 <input type="checkbox"/> SIM Em caso positivo, qual a forma de cobrança? 1 <input type="checkbox"/> IPTU 2 <input type="checkbox"/> Taxa 3 <input type="checkbox"/> outros. Quais	
P25 - Qual o percentual do Orçamento Municipal destinado aos serviços de limpeza urbana e/ou manejo de resíduos sólidos? 1 <input checked="" type="checkbox"/> até 5% 2 <input type="checkbox"/> entre 5% e 10% 3 <input type="checkbox"/> entre 10% e 15%	

 Governo do Pará	
4 <input type="checkbox"/> entre 15% e 20% 5 <input type="checkbox"/> mais de 20%	
P26 - Quais as principais dificuldades na prestação dos serviços: 1 <input type="checkbox"/> Ausência/inadequação de itinerário de coleta 2 <input checked="" type="checkbox"/> Falta de equipamentos adequados 3 <input type="checkbox"/> Indisponibilidade de mão-de-obra qualificada 4 <input checked="" type="checkbox"/> Pouco recursos financeiros 5 <input type="checkbox"/> outros. Quais <u>Falta de aterro sanitário</u>	
P27 - Quais são os tipos de acondicionadores dos resíduos sólidos no município? 1 <input type="checkbox"/> caçamba estacionária 2 <input type="checkbox"/> cesta coletora 3 <input type="checkbox"/> outros. Quais <u>Caixas de lixo (lixo)</u> <u>os existem nas residências e postos de saúde e comer</u>	
P28 - Quais são os equipamentos utilizados na coleta dos resíduos sólidos no município? 1 <input type="checkbox"/> Caminhão basculante 2 <input checked="" type="checkbox"/> Caminhão carroceria 3 <input type="checkbox"/> Caminhão compactador 4 <input type="checkbox"/> Trator mecanizado 5 <input type="checkbox"/> Trator à tração animal 6 <input type="checkbox"/> outros. Quais	
P29 - Onde se dá a destinação final do resíduo sólido municipal? 1 <input type="checkbox"/> vazadouro a céu aberto 2 <input type="checkbox"/> vazadouro em áreas alagadas 3 <input type="checkbox"/> aterro controlado 4 <input type="checkbox"/> estação de compostagem 5 <input type="checkbox"/> estação de triagem para reciclagem 6 <input type="checkbox"/> incineração 7 <input type="checkbox"/> despejo em local não convencional 8 <input type="checkbox"/> aterro sanitário 9 <input checked="" type="checkbox"/> outros. Quais <u>Lixos</u>	
P30 - Existe projeto para implantação de tratamento e/ou destino final dos resíduos sólidos no município? 1 <input checked="" type="checkbox"/> em planejamento 2 <input type="checkbox"/> em andamento 3 <input type="checkbox"/> suspenso 4 <input checked="" type="checkbox"/> não existe projeto	
P31 - Quais os serviços que o município presta na limpeza pública? 1 <input type="checkbox"/> Varrição de vias públicas 2 <input checked="" type="checkbox"/> Limpeza de feiras, mercados e áreas após eventos 3 <input type="checkbox"/> Limpeza de Jardins 4 <input checked="" type="checkbox"/> Limpeza de cemitérios 5 <input checked="" type="checkbox"/> Limpeza de praças 6 <input checked="" type="checkbox"/> Limpeza de praias 7 <input checked="" type="checkbox"/> Limpeza de canais e rios 8 <input checked="" type="checkbox"/> Podação de árvores 9 <input checked="" type="checkbox"/> Remoção de animais mortos 10 <input checked="" type="checkbox"/> Limpeza de boca-de-lobo, galerias e valetas 11 <input checked="" type="checkbox"/> Capinação e roçagem 12 <input type="checkbox"/> outros. Quais	
P32 - Existe coleta seletiva no município? 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM. Em caso positivo, qual a área de abrangência da coleta seletiva? 1 <input type="checkbox"/> bairros selecionados 2 <input type="checkbox"/> somente o distrito sede 3 <input type="checkbox"/> todo município	
P33 - Existe projeto para implantação de coleta seletiva no município? 1 <input checked="" type="checkbox"/> em planejamento 2 <input type="checkbox"/> em andamento 3 <input type="checkbox"/> suspenso 4 <input type="checkbox"/> não existe projeto	
P34 - A Prefeitura tem conhecimento sobre a presença de catadores na(s) unidade(s) de destino final dos resíduos sólidos? 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM. Quantos <u>20</u>	
P35 - Existe algum trabalho social desenvolvidos com os catadores? 1 <input checked="" type="checkbox"/> NÃO 2 <input type="checkbox"/> SIM. Quais	
P36 - Existe participação de catadores na coleta seletiva? 1 <input type="checkbox"/> Não existe participação 2 <input type="checkbox"/> Isolados 3 <input type="checkbox"/> Em cooperativas	
SERVÍCIO: ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
P37 - Como é a estrutura organizacional dos serviços de abastecimento de água? 1 <input checked="" type="checkbox"/> Secretaria 2 <input type="checkbox"/> Departamento 3 <input type="checkbox"/> Divisão 4 <input type="checkbox"/> Setores 5 <input type="checkbox"/> Outros.	
P38 - O município é atendido com rede de abastecimento de água? 1 <input type="checkbox"/> NÃO 2 <input checked="" type="checkbox"/> SIM Nº domicílio atendido (urbana): <u>1.563</u> Nº domicílio atendido (rural): <u>1337</u> Volume de água captada (m³): <u>210 m³</u> Volume de água tratada (m³): Extensão da rede de água (m):	
P39 - No município quem é prestador dos serviços de abastecimento de água? 1 <input type="checkbox"/> Empresa contratada 2 <input checked="" type="checkbox"/> COSANPA 3 <input type="checkbox"/> Autarquia municipal 4 <input checked="" type="checkbox"/> Outros. Quais <u>COSANPA e Prefeitura (mínimos)</u> Em caso de mais de um prestador, Nº domicílio atendido: <u>COSANPA (485) Prefeitura (2.415)</u> Nº população atendida:	
P40 - Quais os tipos de mananciais usados no município? 1 <input type="checkbox"/> superficial 2 <input checked="" type="checkbox"/> subterrânea 3 <input checked="" type="checkbox"/> Outros. Quais <u>Na área rural, caixões e igarapés</u>	
P41 - A água distribuída no município é tratada? <input checked="" type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/> SIM 1 <input type="checkbox"/> Filtração 2 <input type="checkbox"/> Desinfecção 3 <input type="checkbox"/> ciclo completo 4 <input type="checkbox"/> fluoretação 5 <input type="checkbox"/> Outros. Quais	
P42 - Indique o número de reservatórios que fazem parte do sistema de abastecimento	

de água do município?

Área urbana: 4 (quatro): 3 costanha e 3 muros sistemas,

Área rural: 6 (seis sistemas): localidades Fazendas, pedras, terraplenos, Areias

P43 - Indique o número de poços que fazem parte do sistema de abastecimento de água do município?

Área urbana: 3

Área rural: 6

Branca, Avaré, 39
Trevizense

P44 - Existem problemas de abastecimento de água? 1 NÃO 2 SIM
Quais as principais causas?

1 Insuficiência do manancial 2 Problemas na adução 3 Insuficiência de reservação 4 Problemas na distribuição 5 Insuficiência na capacidade de tratamento 6 Escassez de produtos empregados no tratamento da água

7 Outros. Quais. A estrutura de infraestrutura não permite melhores técnicas de tratamento

P45 - O município possui programas de educação ambiental relacionados à preservação dos mananciais e uso racional da água?

1 NÃO 2 SIM. Quais.

P46 - Existe no município problemas de doenças de veiculação hídrica?
1 NÃO 2 SIM.

Em caso positivo, quais são as principais doenças diagnosticadas?

1 Dengue 2 Doenças diarréicas 3 Leptospirose 4 Malária

5 Esquistossomose 6 Outros. Quais. Casos já tratados

P47 - O município/concessionária possui laboratório próprio para análise da água?
1 NÃO 2 SIM. Quais.

P48 - Existe um Plano de Amostragem formalizado e aprovado pelo Serviço de Saúde municipal? 1 NÃO 2 SIM.

P49 - Quais são as principais dificuldades para o cumprimento dos Planos de Amostragem da Portaria MS 518/04 (Controle da Potabilidade da Água)?

1 Desconhecimento do conteúdo da Portaria MS 518/04

2 Complexidade do conteúdo da Portaria MS 518/04

3 Número reduzido de funcionários 4 Insuficiência de pessoal qualificado

5 Outra. Qual? curto prazo, disponibilidade na coleta, ausência de servidores laboratoriais

Defaltos de exper
tivera insuficiencia
de pessoas qualificadas

P50 - O município/concessionária mantém um serviço de atendimento ao público consumidor? 1 NÃO 2 SIM.

P51 - O município/concessionária encaminha relatórios mensais com os resultados das análises de água à autoridade de saúde pública municipal? 1 NÃO 2 SIM.

P52 - O município/concessionária cumpre a Portaria Ministério da Saúde nº 518/04, referente aos padrões de potabilidade da água consumida? 1 NÃO 2 SIM.
Quais são as principais dificuldades para a plena implementação da Portaria MS 518/04?

1 Desconhecimento do conteúdo da Portaria MS 518/04

2 Complexidade do conteúdo da Portaria MS 518/04

3 Falta de recursos materiais e financeiros 4 Número reduzido de funcionários

5 Insuficiência de pessoal qualificado 6 Dificuldade de coletar amostras

7 Custo elevado das análises 8 Falta de estrutura laboratorial própria

9 Dificuldade de acesso a serviços laboratoriais 10 Custo elevado nos insumos e equipamentos 11 Precariedade das instalações. De quais?

se tudo, des poços ou prioritário

SERVÍCIO DE DRENAGEM PLUVIAL

Observações

P53 - Como é a estrutura organizacional dos serviços de drenagem urbana?

1 Secretaria 2 Departamento 3 Divisão 4 Setores 5 Outros.

P54 - O município possui sistema de drenagem urbana? 1 NÃO 2 SIM

Extensão da rede de drenagem (m):

P55 - O sistema de drenagem do município possui que elementos?

1 sarjetas 2 boca-de-lobo 3 caixa de passagem 4 galerias

5 poços de visita 6 Outros. Quais

P56 - Quais os principais recursos hídricos no município que são lançados as águas pluviais? (rios, igarapés, etc)

Área urbana: Idem P.16

Área rural: Idem P.16

ANEXO B – Localização de pontos de interesse no município de Peixe-Boi – PA.

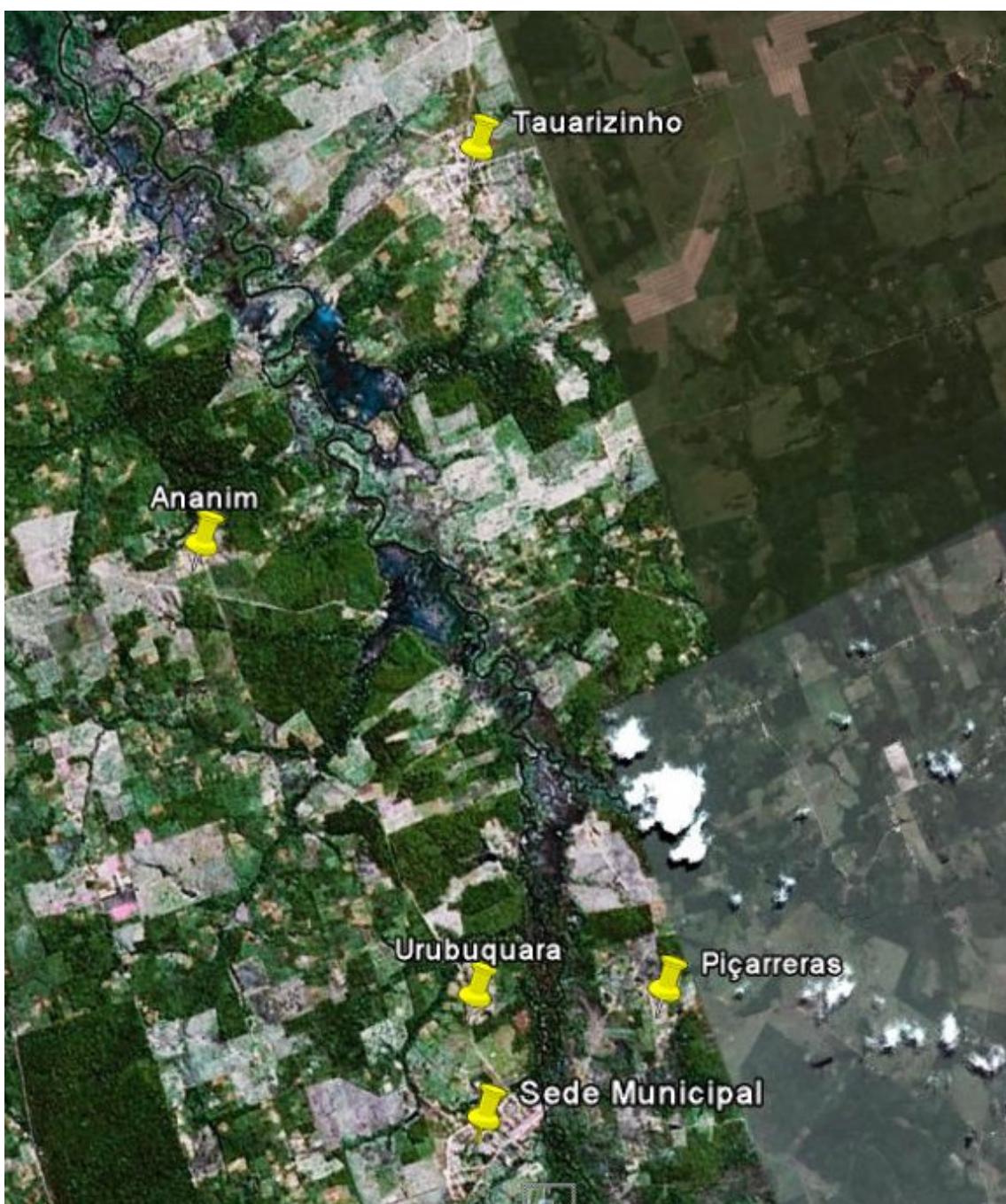


Figura 1. Localização das principais comunidades do município de Peixe-Boi – PA.



Figura 2. Localização dos sistemas de abastecimento da sede municipal de Peixe-Boi – PA com respectivas altitudes aproximadas.

**ANEXO C – Dados do Sistema de Abastecimento de Água do município de Peixe-Boi – PA,
concedidos pela COSANPA.**



Companhia de Saneamento do Pará

Belém (Pa), 29 de outubro de 2009.

Ofício nº 1.081 - P/2009

A Sua Excelência
Senhora ELIENE JAQUES RODRIGUES
Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Peixe-Boi

Senhora Secretária,

Ao cumprimentá-la, e em atenção ao Ofício nº 12/2009 - SEMMA, referente à solicitação de informações do Sistema de Abastecimento de Água do município de Peixe-Boi, temos a informar:

Município de Peixe Boi

Captação de Água

1. Vácuo bombeamento com bateria de 19 poços rasos com profundidade média de 12,00 m e diâmetro individual de 6 polegadas com 30 anos de contribuição, somado ao poço profundo feito através do Projeto Alvorada, ano 2002, fazendo parte da bateria de vácuo, anexo perfil e análise;
2. Vazão total 90 m³/h;
3. Pela COSANPA não temos outra fonte de captação;
4. Poços executados em tubo PVC;
5. Nível d'água - São poços que formam bateria de vácuo, logo, teoricamente não passa de 10 m;
6. Rede existe em PVC com 25 anos de implantação;
7. Qualidade segue em anexo procedimento de controle de qualidade realizado pela COSANPA;
8. Planta da malha de rede de abastecimento anexo;

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Eliene Jaques Rodrigues".

Av. Magalhães Barata, 1201
Fone: (91) 3202-8562 – Fax: 3226-2739 – CEP: 66.060-670 – Belém- Pará
E-mail: cosanpagab@cosanpa.pa.gov.br



Companhia de Saneamento do Pará

9. Não temos conhecimento da estrutura da rede de abastecimento executada pelo Projeto Alvorada, uma vez que a COSANPA não participou desta implantação;
10. O Projeto Alvorada foi extinto, porém as obras serão retomadas através do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC 4) FUNASA;
11. Existem 476 ligações ativas e 449 ligações inativas, sendo que a taxa cobrada da população é de:
 - $10 \text{ m}^3 / \text{mês} = \text{R\$ } 14,00$ 80% das ligações ativas.
 - $20 \text{ m}^3 / \text{mês} = \text{R\$ } 34,00$ 20% das ligações ativas.
 - Atendimento da população 18h por dia.
12. No sistema de distribuição está ligado um reservatório de jusante, de capacidade 70 m³.

Cordialmente,


EDUARDO DE CASTRO RIBEIRO JÚNIOR
Presidente

FEMAC-GEOSOLO

FICHA RESUMO DO POÇO

CLIENTE: ESTACON ENGENHARIA S.A.	CONTRATO: 001.1164.09/02	
LOCAL: PEIXE-BOI	INÍCIO: 16/09/02	
POÇO: 6" X 100 METROS - PROJ. ALVORADA	TÉRMINO: 11/10/02	
REVESTIMENTO		
PROF. (m)	PERFIL LITOLOGICO	DESCRÍÇÃO DAS AMOSTRAS
6" X 22,50m	2,00	AREIA FINA ARGILOSA, AMARELA ESBRANQUIÇADA.
	8,00	AREIA FINA A GROSSA, QUARTZOSA, CREME A BRANCA HIALINA.
	22,00	CALCÁRIO CINZA CLARO A ESVERDEADO, LOCALMENTE CINZA ESCURO, FOSSILÍFERO, COM INTERCALAÇÕES DE ARGILA CALCÍFERA CINZA CLARA/ESVERDEADA.
	28,00	CALCARENITO FINO A GROSSO, QUARTZOSO, FOSSILÍFERO, CINZA CLARO.
6" X 6,00m	34,00	ARGILA CALCÍFERA, CINZA ESVERDEADA, COM INTERCALAÇÕES DE CALCÁRIO CINZA FOSSILÍFERO.
	40,00	CALCÁRIO CINZA CLARO A ESCURO, FOSSILÍFERO, COM CAMADA DE CALCARENITO QUARTZOSO COM PEDREGULHOS DE SEIXO DE 39 A 40 METROS.
6" X 8,00m	48,00	ARGILA CALCÍFERA CINZA CLARA A ESVERDEADA.
	52,00	CALCÁRIO CINZA CLARO, FOSSILÍFERO, COM INTERCALAÇÕES DE AREIA GROSSA (CALCARENITO) QUARTZOSO, BRANCO HIALINO.
6" X 12,00m	64,00	ARGILA CALCÍFERA, CINZA CLARA/ESVERDEADA. AMOSTRAS 55, 56 E 63 LEVEMENTE AVERMELHADAS.
	68,00	AREIA GROSSA (CALCARENITO), QUARTZOSA, BRANCA HIALINA.
6"	76,00	ARGILA CALCÍFERA, CINZA ESVERDEADA, COM PEQUENAS INTERCALAÇÕES DE CALCÁRIO ESBRANQUIÇADO FOSSILÍFERO.
6" X 4,00m	80,00	AREIA GROSSA (CALCARENITO), QUARTZOSA, COM PEDREGULHOS DE SEIXOS, BRANCA HIALINA.
	84,00	ARGILA CALCÍFERA, CINZA ESVERDEADA, COM CAMADA DE CALCÁRIO DE 81 A 82 METROS.
	96,00	CALCÁRIO/CALCARENITO FOSSILÍFERO, CINZA ESVERDEADO/ESCURO, COM INTERCALAÇÕES DE AREIA FINA A GROSSA, QUARTZOSA, BRANCA HIALINA.
PÉ DO POÇO 6" X 3,50 m	100,00	CALCÁRIO POUCO POROSO, MUITO DURO, CINZA ESVERDEADO/ESCURO.
PROFOUNDIDADE DO POÇO: 100,00 m	TIPO DE FILTRO: GEOMECÂNICOS STANDARD	
DIÂMETROS DE PERF.: 12 ¹ /4" e 17 ¹ /2"	COMPRIMENTO DO FILTRO: 36,00	
DIÂMETROS DO REVESTIMENTO: 6"	RANHURA DO FILTRO: 0,75 mm	
MAT. DE REVEST.: TUBOS GEOMECÂNICOS STANDARD	DIÂMETRO DO FILTRO: 6"	
NÍVEL ESTÁTICO: 1,20 m	DURAÇÃO DO TESTE DE BOMBEAMENTO: 24 horas	
NÍVEL DINÂMICO FINAL DE TESTE: 39,15 m	VAZÃO MÁXIMA DO POÇO: 25.000 l/h.	
VAZÃO FINAL TESTE: 1/h.	PROFOUNDIDADE DE INST. DA BOMBA: 60 m kSA: 60 m	



Companhia de Saneamento do Pará

Laboratório de Controle de Qualidade

ANALISE FÍSICO-QUÍMICA N.º 1324/02

E BACTERIOLÓGICA N.º

Ho. Sec Alfredo

P/ Anquelito

Engº F. J. Ribeiro Júnior
Coordenador de Projetos e Obras-C

Local da Coleta:

CAPTAÇÃO DA COSANPA EM FEIXE BOI - ESTACON ENGENHARIA.

Solicitado por: COSANPA

Procedência: Poço

Hora/Data da Coleta: 09:00, 22/10/02

Coletor: Alfredo

Chuva no dia da Coleta: --

Temp. da Amostra: --

Hora/ Data do Exame: 10:00, 24/10/02

Laboratorista: Silvio Mauro Monteiro

PARÂMETROS	TEOR	PADRÕES DE POTABILIDADE M.S.	
		Portaria N.º 1469 de 29/12/2000	Recomend.
Odor:	Não Objetável	Não Objetável	
Gosto:	" "	Não Objetável	
pH:	7,6	6,0 a 9,5	9,5
Cor mg/l PI-Co:	-	<15	15
Turbidez mg/l SiO ₂ :	0,75	1,0	5,0
Nitrogênio Amoniacal mg/l NH ₃ :	-	<1,5	1,5
Nitratos mg/l N:	-	<10	10
Nítritos mg/l N:	-	<1,0	1,0
Cloreto mg/l Cl:	31,0	<250	250
Dureza Total mg/l CaCO ₃ :	200,0	<500	500
Cálcio mg/l Ca:	-		
Magnésio mg/l Mg:	-		
Alcalinidade a Fenolfalteína mg/l CaCO ₃ :	0,0		
Alcalinidade a Metil Orange mg/l CaCO ₃ :	228,0		
Ferro Total mg/l Fe:	0,2	<0,3	0,3
Matéria Orgânica (O ₂ consumido) mg/l O ₂ :			
Oxigênio Dissolvido mg/l O ₂ :			
Demanda Bioquímica de Oxigênio mg/l O ₂ (DBO):			
Dióxido de Carbono Total mg/l CO ₂ :			
Dióxido de Carbono Livre mg/l CO ₂ :			
Sulfato mg/l SO ₄ :		<400	400
Silica mg/l SiO ₂ :			
Resíduo Total mg/l:			
Resíduo Fixo mg/l:			
Resíduo Volátil mg/l:			
Matéria Dissolvida mg/l:		<1000	1000
Matéria em Suspensão mg/l			
Cloro Residual Livre mg/l Cl ₂ :		0,2 a 2,0	2,0
Alumínio Residual mg/l Al		<0,2	0,2
Fluoreto mg/l F		0,6 a 0,8	0,8
Coliforme Fecal NMP/100ml		0,0	0,0
Coliforme Total NMP/100ml		0,0	0,0

LAUDO: Os valores analisados encontram-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1469 de 29/12/00 do Ministério da Saúde.

CBS: Poço Tubular 6" X 100 M.

 José Carlos de Oliveira
 Químico-Controle de Qualidade

VISTO:

Químico Chefe LCQ

Técnico Responsável

CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO E BACTERIOLÓGICO

SISTEMA: **Peixe Boi** DATA: 2007 a 2009

Nº	ENDEREÇOS (REDE)	Fe	pH	Cor	Turb.	Cloro	Flúor	Coli-Total	Data
1	Rua Plácito de Castro	0,3	7,1	15,0	4,6			Ausên.	16/7/2009
2	Saída do sistema	1,2	6,8	20,0	6,9			Ausên.	16/7/2009
3	Saída do Poço - Vácuo 20	0,3	6,7	15,0	4,4			Ausên.	24/10/2007
4	Rua Manuel Gerson, 494	0,1	6,8	7,5	2,2			Ausên.	24/10/2007
5	Rua José Patricio, 507	0,1	6,6	5,0	0,7			Ausên.	24/10/2007
6	Rua Marechal de Ferro, 250	0,1	6,8	5,0	0,5			Ausên.	24/10/2007
7	Rua Paulo Frantine, 628	0,1	6,7	6,0	1,2			Ausên.	24/10/2007
8	Rua Cônego Calado, 55	0,1	6,7	6,0	0,68			Ausên.	24/10/2007
9									
10									
11									
12									

RESUMO MENSAL (REDE)

	Fe	pH	Cor	Turb.	Cloro	Flúor	Coli-Total	E-Coli
Nº DE. ANÁLISE	8	8	8	8	0	NA	8	
MÉDIA	0,29	6,78	9,94	2,65				
MÁXIMO	1,2	7,1	20,0	6,9				
MÍNIMO	0,1	6,6	5,0	0,5	0,0			
FORA DO PADRÃO	1	0	1	1	0		0	0
Em Coformidade		8	7	7	0		8	
nº Análises exig. Port.518/2004								

PLANO DE AMOSTRAGEM – Portaria nº 518/2004-MS

Município:	Peixe Boi	População atendida:	1811
Sistema:	Peixe Boi	Manancial: (1) Sup. (2) Sub.	2
Hora/Dia de funcionamento:	24		

PLANO DE AMOSTRAGEM – Portaria 518/2004-MS

PARÂMETRO	Saída do Tratamento		Reservatórios e Rede		
	Nº amostras	Nº Amostras	Freqüência	Nº Amostras	Freqüência
Cor, Turbidez, pH	30		Mensal	5	Mensal
Cloro Residual	30		Mensal	10	Mensal
Flúor	30		Mensal	5	Mensal
Coliformes totais	8		Mensal	10	Mensal
Bac. Heterotróficas	–		–	2	Mensal
THM	0		0	Anual	
Demais parametros	1		Semestral	1	Semestral