

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC

ELIZABETH KOIBUCHI KUMOTO

Abastecimento de Água em Comunidade Ribeirinha do Baixo Madeira (Estado de Rondônia) – Diagnóstico e Possíveis Soluções

São Carlos/SP
2012

ELIZABETH KOIBUCHI KUMOTO

Abastecimento de Água em Comunidade Ribeirinha do Baixo Madeira (Estado de Rondônia)
– Diagnóstico e Possíveis Soluções

Trabalho de Graduação apresentado a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Engenheira Ambiental

Orientadora
Profª Drª. Lyda Patricia Sabogal Paz

São Carlos/SP
2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

KK96aa

Kumoto, Elizabeth Koibuchi

Abastecimento de água em comunidade ribeirinha do
Baixo Madeira (estado de Rondônia) - diagnóstico e
possíveis soluções. / Elizabeth Koibuchi Kumoto;
orientador Lyda Patricia Sabogal Paz. São Carlos,
2012.

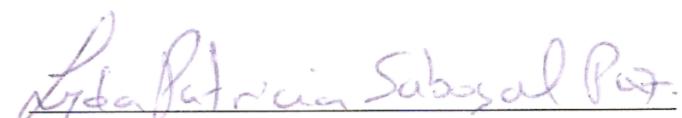
Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2012.

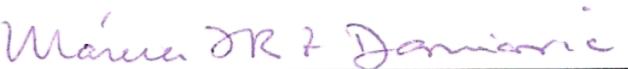
1. Abastecimento de água.
2. Pequenas comunidades.
3. Soluções e alternativas tecnológicas.
- I. Título.

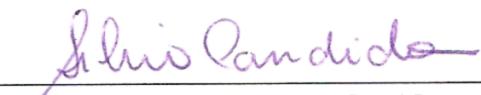
FOLHA DE APROVAÇÃO

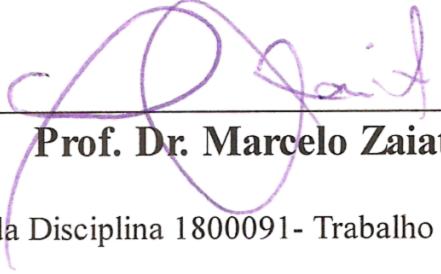
Candidato(a): **Elizabeth Koibuchi Kumoto**

Monografia defendida e aprovada em: **18/10/2012** pela Comisão Julgadora:


Profa. Dra. Lyda Patricia Sabogal Paz


Profa. Dra. Márcia Helena Rissato Zamariolli Damianovic


Prof. Dr. Silvio Eduardo Alvarez Candido


Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

Dedico este trabalho ao meu pai, pelo apoio, amor e orientação, sem os quais nada disso teria sido possível.

E ao meu avô, exemplo de vida e espírito.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela iluminação, proteção e orientação.

À orientadora deste trabalho, Lyda Patricia Sabogal Paz, pela compreensão e aprendizagens.

À Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo pelo apoio estrutural e ensinamentos.

Ao meu pai, Elio Takashi Kumoto, referencial de segurança e integridade.

Ao meu avô, Toshimitsu Kumoto, espírito jovem e iluminado, exemplo de serenidade e gratidão.

A minha família, em especial minha irmã Ruth e minha tia Lúcia pelo apoio, amor incondicional e confiança.

Às amizades que fiz e cultivei durante a faculdade e que me acompanharam em cada passo, nos desenvolvendo e crescendo juntos: Danielle de Almeida, Poliana Bittencourt, Taís Yassuda, Fernando Mo, Mariana Pipoli.

Às amizades que fiz no NAPRA – Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia, membros e ribeirinhos. Sem dúvidas foi uma das experiências mais marcantes da minha vida.

Ao meu companheiro, Guyan De Bonis, pela paciência, companheirismo e amor.

À Suzana De Bonis, pelo acolhimento, generosidade e afeto.

Ao Luiz, pela sensibilidade, ponderação e pelas conversas construtivas e amistosas.

Ao meu fiel companheiro felino, Dog pelo vínculo afetivo para além das relações animais.

“Só se é grande quando se é por inteiro.”

Adaptado de Fernando Pessoa

RESUMO

KUMOTO, E. K. *Abastecimento de Água em Comunidade Ribeirinha do Baixo Madeira (Estado de Rondônia) – Diagnóstico e Possíveis Soluções*, 2012. 79p. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

Avanços científicos nas técnicas de tratamento e abastecimento de água veem sendo observados nos últimos anos, principalmente para grandes cidades urbanas. Contudo, ainda são recorrentes os altos índices de falta de atendimento por água tratada principalmente para pequenas populações isoladas, onde são também escassos os incentivos financeiros. A região norte brasileira, onde somente 45,3% dos domicílios foram abastecidos por rede geral está entre as mais prejudicadas de incentivos para desenvolvimento de sistemas de abastecimento. A região, onde se situa a exuberante floresta amazônica, abriga também muitas comunidades isoladas que demandam por soluções independentes para a inviabilidade de interligação aos sistemas municipais vizinhos. Dentro deste contexto, é possível destacar a importância do estudo com o objetivo de propor alternativas para o abastecimento de água para consumo em uma comunidade ribeirinha do Estado de Rondônia, através da metodologia de coleta de informações da comunidade e seleção de critérios para a escolha das alternativas propostas. Como resultado tem-se a realização de um diagnóstico local a partir das informações coletadas e a avaliação de possíveis alternativas para o sistema de saneamento atualmente instalado. Dentro das possíveis alternativas, aponta-se a rede de distribuição dimensionada neste trabalho como alternativa coletiva para a comunidade de Nazaré, e, como alternativa individual, o filtro de barro, a desinfecção com hipoclorito de sódio, o método SODIS, e o biofiltro de areia. Como conclusão, aponta-se a viabilidade de aplicação das alternativas descritas apesar dos ajustes requeridos para a implantação do sistema conforme as normas bem como os cuidados necessários para a real apropriação do sistema pela comunidade levando em consideração as particularidades sociais, políticas e culturais da comunidade em questão.

Palavras chaves: Abastecimento de água – pequenas comunidades, soluções e alternativas tecnológicas.

ABSTRACT

KUMOTO, E. K. Water Supply in Riverside Community of Baixo Madeira (State of Rondônia) - Diagnosis and Possible Solutions, 2012. 79p. Monograph (Graduatework in Environmental Engineering), School of Engineering o São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2012.

Scientific advances in techniques to treatment and water supply are being observed in recent years, especially for large urban cities. However, high rates of lack of care for treated water are still frequent mainly for small isolated populations, in which there are also scarce financial incentives. The northern Brazil, where only 45.3% of households were fueled by general network is one of the most injured for development incentives of water supply systems. The region, where lies the great Amazon rainforest, also houses many isolated communities who require independent solutions to the unfeasibility of interconnection to neighboring municipal systems. Within this context, it is possible to highlight the importance of the study in order to propose alternatives for drinking water supply in a riverside community in the State of Rondônia, through the methodology of collecting information from the community and select criteria to choose the proposed alternatives. As a result there is the realization of local diagnosis and the evaluation of possible alternatives for the sanitation system currently installed. Among the possible alternatives, it was pointed a distribution network as a collective alternative to the community of Nazaré, and as individual alternative, the filter, disinfection with sodium hypochlorite, the SODIS method, and sand biofilter. In conclusion, it was pointed the feasibility of the alternatives described in spite of the adjustments required for the system implementation as well as the care standards required for real ownership by the community for the system, considering the particular social, political and cultural aspects of the community.

Keywords: Water Supply - small communities, technological solutions and alternatives.

SUMÁRIO

1. Introdução e justificativa	1
2. Objetivo	3
3. Revisão Bibliográfica.....	4
3.1. Abastecimento de água em pequenas comunidades do Brasil.....	4
3.2. Sustentabilidade em sistemas de abastecimento de água.....	11
3.2.1 Fatores de sustentabilidade	12
3.3. Alternativa tecnológicas para abastecimento de água em comunidades isoladas.....	15
3.3.1. Captação de água	16
3.3.2. Sistema de recalque.....	17
3.3.3. Tratamento (coagulação e flocação)	17
3.3.4. Tratamento (filtração)	18
3.3.5. Tratamento (adsorção)	21
3.3.6. Tratamento (desinfecção)	21
3.3.7. Armazenamento de água	23
3.3.8. Distribuição.....	23
3.3.9. Outras opções de abastecimento	24
3.4. Risco físico e microbiológicos em águas.....	25
4. Metodologia.....	27
4.1. Coleta de informações no distrito	27
4.1.1 Visita de campo a comunidade de Nazaré	28
4.1.2 Contato com a companhia de saneamento.....	33
4.2. Diagnóstico da situação de abastecimento de água no distrito em questão.....	33
4.4 Recomendações de alternativas de abastecimento	34
4.4.1 Solução coletiva	34
4.4.2 Soluções individuais:.....	34
5. Resultados e discussões.....	35
5.1. Descrição do Distrito de Nazaré/RO	35
5.2. Diagnóstico do sistema de abastecimento	40
5.2.1 Manancial de abastecimento	40
5.2.2. Captação de água e estação elevatória	42
5.2.3. Estação de tratamento de água – ETA.....	46
5.2.4. Distribuição de água	51
5.2.5. Outras alternativas de abastecimento de água e de tratamento de água.....	52
5.2.6. Participação do governo local no abastecimento de água.....	54
5.3 Critérios de escolha de tecnologias viáveis de aplicação.....	55
5.3.1. Alternativa individual:.....	55
5.3.2. Alternativa coletivo:	56
5.4 Possíveis alternativas tecnológicas.....	57
5.4.1. Alternativa comunitária – projeto básico	57
5.2.2. Alternativa individual – Recomendações	66
6. Conclusões	68
7. Bibliografia.....	70
8. Anexo – Planta da Cidade e Planilhas de Cálculo	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População total, total de municípios e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002).....	7
Tabela 2 – Total de domicílios e de economias abastecidas e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002).....	7
Tabela 3 – Resultados das análises de turbidez, cor aparente, pH, Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	41
Tabela 4. Critérios de projeto do sistema de abastecimento de água proposto	58
Tabela 5 – Estimativa dos consumos domésticos (Gomes, 2006).....	60
Tabela 6 – Critérios para escolha de diâmetro das tubulações da rede de distribuição	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Domicílios abastecidos de água por rede geral, segundo as grandes Regiões – 2000/2008 (IBGE, 2010).....	4
Figura 2 – Índice de atendimento total de água na Região Norte – (SNIS, 2005).....	6
Figura 3 – Água distribuída com tratamento em, m ³ per capita, por estratos populacionais, segundo grandes Regiões – 2000 (IBGE, 2002)	8
Figura 4 – Proporção de volume de água distribuída por dia, com e sem tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002).....	8
Figura 5 – Percentual de municípios que possuem formas alternativas de abastecimento de água, segundo as Grandes Regiões – 2008	9
Figura 6 – Proporção do volume da água tratada distribuída por dia, por tipo de tratamento utilizado, segundo as Grandes Regiões – 2000 (IBGE, 2002)	10
Figura 7 – Proporção do volume diário de água tratada e distribuída, por tipo de tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2000).....	10
Figura 8 - Componentes do BFA (CAWST, 2010)	19
Figura 9 - Zonas de Operação do BFA (CAWST, 2010)	19
Figura 10 – tecnologia de desinfecção SODIS (CAWST, 2010)	22
Figura 11 – Representação conceitual da redução do risco (COFFEY e REID, 1982).....	26
Figura 12 – Atividades da pesquisa	27
Figura 13 – Amostras de cinco fontes de água de Nazaré/RO	30
Figura 14 – pHmetro Digimed – DM 20	30
Figura 15 – Turbidímetro 2100P da marca Hach	31
Figura 16 – Colorímetro Digimed DM Cor.....	32
Figura 17 – Cartelas Idexx Quanti – Tray*/2000 (Colilert, 2002)	32
Figura 18 – Seladora Idexx – Quanti – Tray TM Sealer (Colilert, 2002)	33
Figura 19 – Localização regional no estado de Rondônia (NAPRA, 2012).....	35
Figura 20 – Mapa regional de Porto Velho com Unidades de Conservação (NAPRA, 2012)	36
Figura 21 – Reservatório do sistema de abastecimento atual.....	37
Figura 22 – Filtro lento comunitário.....	38

Figura 23 – Captação de Água e Estação Elevatória	43
Figura 24 – Tubulação de recalque do sistema elevatório	44
Figura 25 – Válvulas de bloqueio	45
Figura 26 – Características do reservatório	45
Figura 27 – Características da casa de bombas	46
Figura 28 – Esquema ilustrativo do filtro comunitário (adaptado de ENGELBRECHT, 2007).....	46
Figura 29 – Esquema ilustrativo do filtro comunitário.....	47
Figura 30 – Características do filtro comunitário – tratamento da água	47
Figura 31 – Características do pré-filtro e filtro lento	48
Figura 32 – Câmara de adsorção de carvão de ouriço de castanha	49
Figura 33 – Frascos de hipoclorito de sódio distribuídos pelas autoridades locais	49
Figura 34 – Desinfecção no filtro comunitário	50
Figura 35 – Outras fontes de abastecimento	52
Figura 36 – Filtro de barro utilizado pela população	54
Figura 37 - Filtro de barro utilizado pela população. Adaptado de Filho (2012).	54
Figura 38 – Esquema em corte perfil da captação e elevação de água subterrânea. Adaptado de Filho (2012)	57
Figura 39 – Planta da Comunidade Ribeirinha (Planta Fornecida pela CAERD) – Planta em A1 em Anexo.....	59
Figura 40 – Esquema didático sobre linhas piezométricas.....	63
Figura 41 – Esquema didático sobre pressões disponíveis em cada nó da rede de distribuição de água	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMPAN - Associação de Moradores e Produtores Amigos de Nazaré

BFA - BioFiltro de Areia

CAERD - Companhia de Aguas e Esgotos de Rondônia

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA - estação de tratamento de água

FiME - Filtração em Múltiplas Etapas

FUNASA - Fundação Nacional da Saúde

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

MDS - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome

NAPRA - Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia

NMP – Número Mais Provável

NTU - Unidades Nefelométricas de Turbidez

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Avanços significativos nas técnicas de tratamento e abastecimento de água veem sendo observados nos últimos anos. Contudo, ainda são recorrentes os países com altos índices de falta de atendimento de saneamento, principalmente por água tratada para consumo.

Segundo o IBGE (2010), aproximadamente 12 milhões de residências no País não tem acesso à rede geral. Ainda observa-se que há uma grande discrepância entre o cenário apresentado em cada região: a maior parte das cidades sem qualquer tipo de rede de distribuição de água está situada nas Regiões Norte e Nordeste seguidas pelas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste. Segundo o IBGE (2010), na Região Norte (45,3%), menos da metade dos domicílios foram abastecidos por rede geral, sendo que o Estado de Rondônia apresentou o maior índice de municípios com domicílios sem oferta de serviços de distribuição de água com algum tipo de tratamento (73,4%).

Segundo IBGE (2002), os municípios com até 20 mil habitantes representam 73% do total de municípios e quase 20% da população total do país. A precariedade é observado visto que somente 46,5% das economias destes pequenos municípios são abastecidas. Os municípios menores apresentam maior precariedade quando situados em regiões onde a distribuição de água é mais crítica devido à falta de investimentos públicos ou privados e à deficiência no planejamento, implantação e operação da estação de tratamento de água nesses municípios. Dentro deste contexto, é possível destacar a importância da existência de alternativas de tratamento da água para consumo em comunidades desfavorecidas.

As alternativas utilizadas para o abastecimento e tratamento da água se relacionam com a densidade demográfica e, também, com aspectos sociais e políticos da região: tratamentos convencionais são utilizados com maior frequência em regiões com concentração maior de habitantes e em regiões com mais incentivos financeiros e políticos; enquanto que as tecnologias de tratamento não convencional são mais usadas em comunidades menores e não tão atrativas a incentivos estruturais.

A partir do contexto dos municípios com até 20 mil habitantes, pode-se inferir que a situação é pior em comunidade com até 5 mil habitantes. *Segundo o IBGE, 2010, nas cidades com até 5 mil habitantes, o saneamento básico não chegava a 1/3 (30,8%).*

Segundo a revista da SABESP (2011), o desenvolvimento de um modelo sustentável de saneamento além de representar um grande desafio para as pequenas comunidades é também uma questão complexa às comunidades isoladas ou de difícil acesso, cuja interligação aos sistemas municipais demonstra-se inviável, exigindo soluções independentes. Ainda defende que as peculiaridades de uma comunidade isolada devem ser consideradas ao se elaborar estratégias diferenciadas na busca de soluções, respeitando a identidade natural e social do lugar.

Poucos são os investimentos destinados ao desenvolvimento do saneamento em pequenas comunidades isoladas. É nesse contexto de falta de incentivos que surge o Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia – NAPRA visando o apoio dessas populações na cobrança de políticas públicas e a realização de projetos como tentativas de aprimoramento de técnicas de tratamento de água que respeitem a identidade ambiental e valorizem os saberes populares. Assim, o envolvimento com a organização tornou possível o contato e a vivência com uma comunidade ribeirinha do estado de Rondônia através de atividades voluntárias.

A exuberante Floresta Amazônica vem sido ameaçada por atividade que vão desde a prática do desmatamento para empreendimentos agrícolas e madeireiros até o alagamento de enormes áreas com a construção de hidroelétricas. Diante dessas problemáticas, a garantia da qualidade de vida e saúde dessas populações é de grande importância para a proteção da Amazônia, visto que a comunidade ocupa o posto de reais atores-chave no processo de preservação da Floresta.

Diante desse cenário, nota-se a precariedade de abastecimento de água que as pequenas comunidades isoladas estão inseridas, justificando a realização deste trabalho que tem como objetivo a realização de um diagnóstico do abastecimento de água em uma comunidade ribeirinha do Estado do Rondônia a partir de informações coletadas de várias fontes (NAPRA, Companhia de Aguas e Esgotos de Rondônia – CAERD e visitas de campo). O trabalho sugere ainda possíveis alternativas tecnológicas para melhorar o abastecimento de água na comunidade avaliada.

2. OBJETIVO

Realizar diagnóstico e formular possíveis soluções para o abastecimento de água em uma comunidade ribeirinha do Estado de Rondônia. Especificamente, pretende-se:

- ✓ Levantar na literatura as alternativas existentes como revisão bibliográfica;
- ✓ Analisar a qualidade da água coletada;
- ✓ Sugerir critérios de escolha das possíveis soluções tecnológicas a partir do Diagnóstico da situação de abastecimento de água no distrito.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Abastecimento de água em pequenas comunidades do Brasil

A água é um recurso essencial para a existência e manutenção da vida e dos seres humanos. O consumo deste recurso requer qualidade, já que sua deterioração pode significar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, principalmente ao tanger as áreas de abastecimento de água. Em países como o Brasil a tendência é que o abastecimento de água potável não atenda a toda população. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística (IBGE), em 2008, houve um aumento do serviço de abastecimento de água nos municípios brasileiros.

A realidade brasileira do abastecimento de águas é bastante diferente nas regiões do país devido às disparidades econômicas, sociais e políticas. Segundo PNSB, a Região Sudeste apresentou, em 2008, uma cobertura de 87,5% dos domicílios abastecidos por rede geral.

Entretanto, na Região Norte (45,3%), menos da metade dos domicílios foram abastecidos por rede geral, permanecendo praticamente inalterado o quadro de oito anos atrás. Na Região Nordeste (68,3%), ocorreu um incremento de 14,4% no período de 2000 a 2008. As demais regiões mantiveram um padrão muito parecido de crescimento de domicílios abastecidos, como ilustrado a Figura 1.

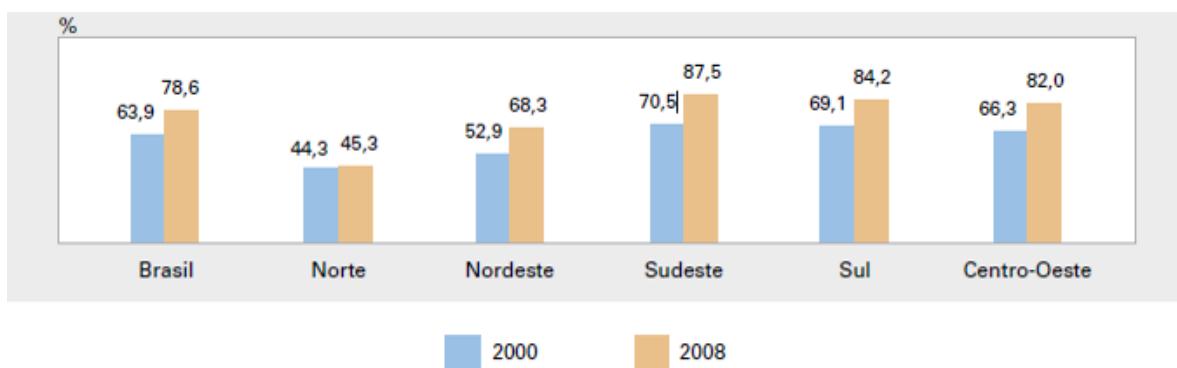


Figura 1 – Domicílios abastecidos de água por rede geral, segundo as grandes Regiões – 2000/2008 (IBGE, 2010).

Segundo o PNSB 2008, aproximadamente 12 milhões de residências no País não tem acesso à rede geral. A maior parte das cidades sem qualquer tipo de rede de distribuição de água está situada nas Regiões Norte e Nordeste seguidas pelas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

Dentre os municípios que, em 2008, distribuíam água sem qualquer tipo de tratamento, destacam-se aqueles situados na Região Norte (20,8% dos municípios). Em 16 das 27 Unidades da Federação, a proporção de domicílios sem oferta do serviço foi igual ou superior ao da média brasileira (21,4%), sendo o Estado de Rondônia (73,4%) o que mais sofreu com esse tipo de problema (IBGE, 2010).

De acordo com a Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia - CAERD (2012), o sistema de abastecimento de água tratada em Porto Velho atende 67% das residências. Informação semelhante é apontada pela Secretaria Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), em 2005, conforme Figura 2.

Distribuição espacial do: Índice de Atendimento Total de Água

$$I_{55} = \frac{\text{População Total Atendida com Abastecimento de Água}}{\text{População Total do(s) Município(s) Atendidos(s) com Abastecimento de Água}}$$

Região: Norte

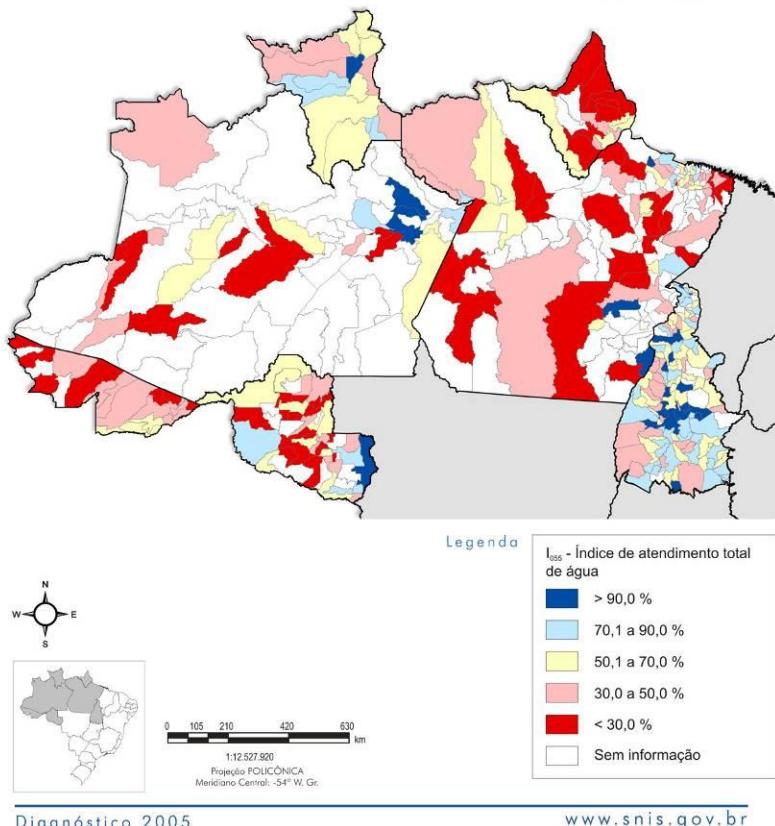


Figura 2 – Índice de atendimento total de água na Região Norte – (SNIS, 2005).

Em 2005, a região do município de Porto Velho possuía índice de atendimento total de água entre 50,1 a 70%. No restante do Estado foram poucos os municípios com índice de atendimento maior que 70% e foram vários os municípios com índice menor que 30%.

Segundo o IBGE (2010), a divisão territorial do Brasil apresenta uma concentração expressiva de municípios com até 50 000 habitantes (89,8%), enquanto, municípios na faixa intermediária de população (com mais de 50 a 100 mil habitantes) representam apenas 5,7%; aqueles mais populosos (população acima de 100 mil habitantes) representam 4,5% dos municípios. Dos 365 municípios do País que distribuíam água por rede geral sem nenhum tipo

de tratamento, 99,7% tinham população com até 50 mil habitantes e densidade demográfica menor que 80 habitantes por quilômetro quadrado.

Segundo IBGE (2002), quando se trata de municípios ainda menores, com até 20 mil habitantes, pode-se observar, através da Tabela 2, que representam 73% do total de municípios e quase 20% da população total do país. E, no entanto, a precariedade é ainda maior visto que somente 46,5% das economias destes pequenos municípios são abastecidas (Tabela 3).

Tabela 1 – População total, total de municípios e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002).

Estratos populacionais	População		Municípios	
	Total	Distribuição percentual (%)	Total	Distribuição percentual (%)
Total	169 799 170	100,0	5 507	100,0
Até 20 000 habitantes	33 437 404	19,7	4 018	73,0
Mais de 20 000 a 45 000 habitantes	26 177 323	15,7	908	16,5
Mais de 45 000 a 100 000 habitantes	23 583 405	13,9	357	6,5
Mais de 100 000 a 300 000 habitantes	26 455 991	15,6	158	2,9
Mais de 300 000 habitantes	60 145 047	35,4	66	1,2

Tabela 2 – Total de domicílios e de economias abastecidas e respectivas distribuições percentuais, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002).

Estratos populacionais	Domicílios		Economias abastecidas	
	Total	Distribuição percentual (%)	Total	Distribuição percentual (%)
Total	54 265 618	100,0	34 657 561	63,9
Até 20 000 habitantes	10 617 142	19,6	4 936 835	46,5
Mais de 20 000 a 45 000 habitantes	8 119 062	15,0	4 157 048	51,2
Mais de 45 000 a 100 000 habitantes	7 415 699	13,7	4 625 199	62,4
Mais de 100 000 a 300 000 habitantes	8 501 011	15,7	5 958 403	70,1
Mais de 300 000 habitantes	19 612 704	36,1	14 980 076	76,4

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

Nota: Inclui os domicílios particulares permanentes ocupados, vagos, fechados e de uso ocasional.

Na Figura 3, os municípios menores apresentam maior precariedade quando situados em regiões onde a distribuição de água é mais crítica devido à falta de investimentos públicos ou privados e à deficiência no planejamento, implantação e operação da estação de tratamento de

água nesses municípios. O contrário pode ser verificado na Figura 4, na qual a porcentagem de volume de água distribuída com tratamento aumenta em municípios maiores.

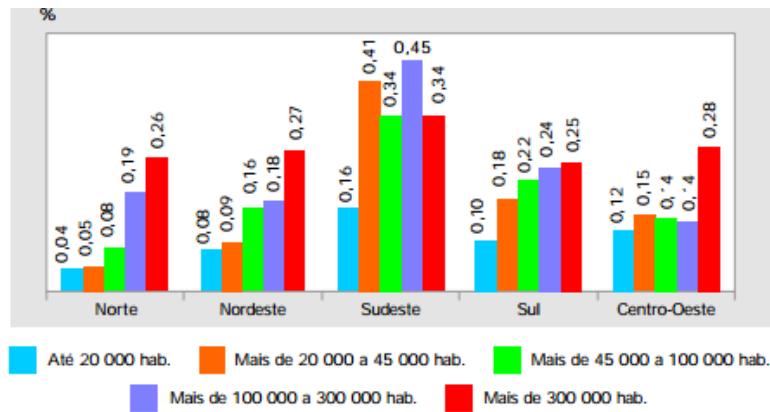


Figura 3 – Água distribuída com tratamento em, m³ per capita, por estratos populacionais, segundo grandes Regiões – 2000 (IBGE, 2002).



Figura 4 – Proporção de volume de água distribuída por dia, com e sem tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2002).

Apesar de muitos municípios não receberem água tratada por meio de redes de distribuição, não é possível afirmar que a qualidade da água consumida seja baixa. Isso ocorre em muitos domicílios, principalmente em pequenas comunidades, onde a água provém de mananciais subterrâneos e o abastecimento se dá através de poços artesianos.

“Observa-se que nos municípios com abastecimento de água por rede geral também pode ocorrer distribuição de água por outras formas, devido à inexistência, insuficiência e/ou ineficiência da rede existente em certas localidades do município. Foram identificados 7935

municípios no País onde, independentemente da existência de rede geral de abastecimento, ocorreu distribuição de água por outras formas, segundo Figura 5" (IBGE, 2010).

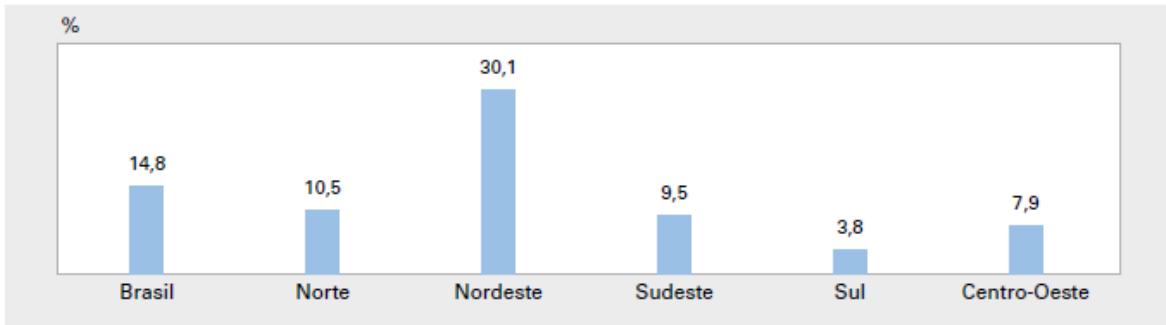


Figura 5 – Percentual de municípios que possuem formas alternativas de abastecimento de água, segundo as Grandes Regiões – 2008.

O maior volume de água tratada e distribuída por rede geral (69,2%), segundo o PNSB (2008), recebia tratamento convencional. Nesse processo, a água bruta passa por tratamento completo em uma estação de tratamento de água – ETA, dotado dos processos de coagulação, flocação, decantação, filtração e desinfecção (cloração), podendo ocorrer correção do pH e a fluoração. O tratamento do tipo não convencional era efetuado em 7,5% da água distribuída, através de processos, tais como: clarificador de contato, ETA compacta; filtração direta; dessalinização; etc.

A simples desinfecção é aquela realizada quando a água bruta recebe apenas uma desinfecção (cloração e outros) antes de ser distribuída na rede, e ocorreu em 23,2% da água distribuída (IBGE, 2010).

As alternativas utilizadas para o abastecimento e tratamento da água se relacionam com a densidade demográfica e, também, com aspectos sociais e políticos da região: tratamentos convencionais são utilizados com maior frequência em regiões com concentração maior de habitantes e em regiões com mais incentivos financeiros e políticos; enquanto que as tecnologias de tratamento não convencional são mais usadas em comunidades menores e não tão atrativas a incentivos estruturais, segundo Figura 6 e 7.

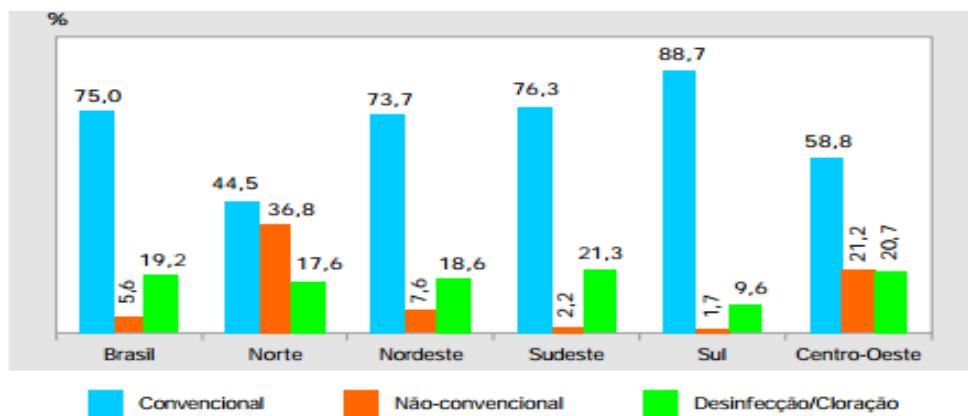


Figura 6 – Proporção do volume da água tratada distribuída por dia, por tipo de tratamento utilizado, segundo as Grandes Regiões – 2000 (IBGE, 2002).

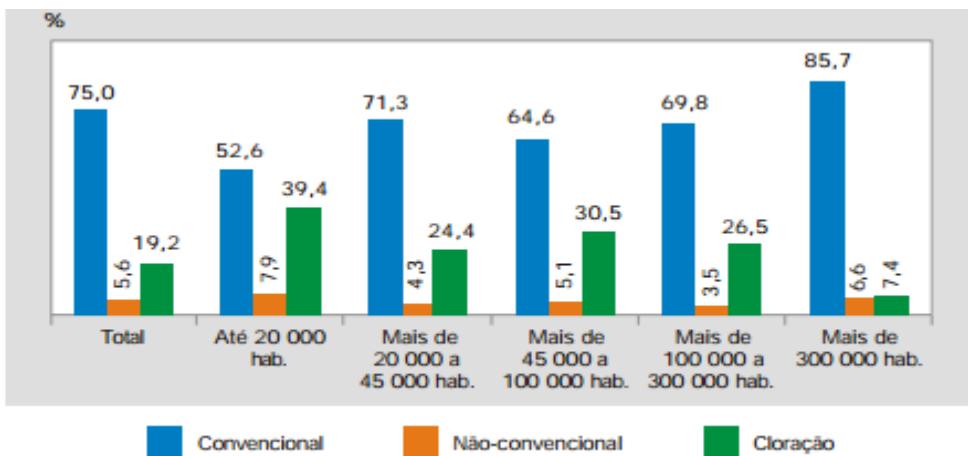


Figura 7 – Proporção do volume diário de água tratada e distribuída, por tipo de tratamento, segundo os estratos populacionais dos municípios – 2000 (IBGE, 2000).

No contexto apresentado, os municípios com até 20 mil habitantes apresentam carências no serviço de abastecimento de água; assim, pode-se inferir que a situação é pior em comunidade com até 5 mil habitantes, onde os incentivos financeiros são ainda mais escassos. Segundo o IBGE, 2010, nas cidades com até 5 mil habitantes, o saneamento básico não chegava a 1/3 (30,8%), ou seja, nestes casos, a maioria dos domicílios não recebem saneamento básico.

3.2. Sustentabilidade em sistemas de abastecimento de água

A consideração dos aspectos socioculturais, institucionais e ambientais, além dos aspectos econômicos e técnicos, é muito importante para o sucesso no desempenho de sistemas de abastecimento de água. Isso porque o usuário tem papel valoroso como participante do processo de tomada de decisão. Diante disto, torna-se necessário fomentar a participação da sociedade e conferir maior capacidade de consolidação e dar sustentabilidade aos projetos e às políticas públicas para o saneamento. Por isso, um dos princípios fundamentais para a prestação de serviços públicos de saneamento básico citado na Lei nº 11445 é o controle social.

Moisés *et al.*, (2007) indicou que ainda é preciso desenvolver ações, mecanismos e instrumentos de mobilização e participação social no saneamento, com fortalecimento e formação de parcerias, com respeito à diversidade cultural e ao saber popular, além de considerar linhas de financiamento específicas que garantam recursos para ações permanentes de educação em saúde.

Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) ainda não há metodologias claras que envolvam a comunidade na seleção das alternativas tecnológicas em saneamento – campo somente permitido aos engenheiros projetistas. Portanto, seria interessante promover soluções tecnológicas pensando na expectativa da comunidade, na participação ativa e compromissos das pessoas envolvidas e não somente na técnica a ser aplicada (equipamentos, projetos e metodologias). Segundo Cinara (1997), o aspecto sociocultural é fundamental em comunidades pequenas, principalmente da zona rural onde os traços culturais são predominantes. No entanto, em comunidades maiores, nas quais a organização social e a identidade comunitária são mais heterogêneas, resulta fácil implantação de uma ETA com certo grau de complexidade, em função dos recursos disponíveis.

O conceito de sustentabilidade visa atividades que não comprometam os recursos e as condições ambientais das futuras gerações. Aplicando o conceito em sistemas de abastecimento de água, a sustentabilidade requer um nível desejado de serviço, economia e preservação ambiental com atividades de manutenção, administração e operação segundo a disponibilidade de mão de obra local.

Segundo Garcia e Galvis (2000), um sistema de abastecimento é considerado sustentável quando: i) a tecnologia se acomoda à cultura local; ii) existem condições financeiras, técnicas e administrativas que suportem a tecnologia; iii) são minimizados os impactos ambientais do sistema; e iv) existe acompanhamento da tecnologia, no tempo, para desenvolver atividades de avaliação e adaptação.

3.2.1 Fatores de sustentabilidade

Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008), os fatores de sustentabilidade a serem avaliados em projetos de abastecimento de água, nas etapas de planejamento, projeto, construção, operação, manutenção e administração do sistema são:

3.2.1.1 Planejamento integral

Deve ser aplicável e coerente com os objetivos pré-estabelecidos no sistema de abastecimento de água. Por se tratar de um projeto que exige grande seriedade para com a população, é preciso atender aos seguintes requisitos: cobertura da rede de distribuição, quantidade de volume demandado, continuidade do sistema até o horizonte previsto para o projeto, qualidade da água tratada, gastos (em todas as etapas do projeto), capacidade de gestão e aspectos sociais que influenciam em qualquer outro fator de sustentabilidade.

3.2.1.2 Participação e gestão comunitária

É fundamental que haja participação e gestão comunitária na tomada de decisões desde a avaliação das necessidades até o desenvolvimento e aplicação das soluções conciliadas. Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) isso implica promover o desenvolvimento da capacidade de gestão da comunidade ao se considerar:

- a) Diagnóstico com a Identificação, caracterização e priorização das necessidades a partir da definição de informações como: problemas de saúde pública, o consumo *per capita*, tipo de fonte de abastecimento utilizada, pessoas beneficiadas, etc;
- b) Alternativas para situações de crise do sistema analisando possíveis focos de problema e considerando ferramentas que possam trazer soluções para o cenário.

- c) Iniciativas para tomada de decisões em momentos de crises (paralização do fornecimento, desastres naturais, contaminação eventual, mudança de políticas, etc.);
- d) Desenvolvimento de procedimentos adaptados às particularidades do problema considerando a disponibilidade de recursos locais e aproveitando o conhecimento comunitário;
- e) Estabelecimento de funções de fiscalização comunitária para que não haja ações que comprometam a qualidade de água;
- f) Planejamento e construção de obras para atender as demandas da comunidade com equidade, eficiência, integridade e continuidade;
- g) Manutenção, operação, controle e avaliação do desenvolvimento das obras e de programas para atender à qualidade desejada;
- h) Estabelecimento de compromissos que respeitem os diferentes interesses da comunidade, conforme as diferenças, sem a imposição de condições; e
- i) Decisão de forma representativa das ações a serem realizadas, por meio de líderes reconhecidos pela comunidade.

O método de trabalho deve estar baseado no respeito das identidades culturais dos grupos beneficiados pelo empreendimento. É importante a participação tanto de homens como de mulheres na decisão observando o envolvimento e o papel que cada um tem em determinadas atividades. Assim, constroem-se benefícios e responsabilidades compartilhados e de maneira a se permitir um balanço de gênero.

3.2.1.3 Seleção de tecnologia

A escolha da tecnologia de tratamento da água deve considerar aspectos técnicos, sociais, culturais, ambientais, econômicos e institucionais para atender as necessidades e expectativas da população.

3.2.1.4 Financiamento comunitário

A sustentabilidade do sistema de tratamento de água requer financiamento que permita cobrir, pelo menos, a operação, a manutenção e a administração do sistema. Portanto, é importante obter recursos concedidos por instituições privadas e/ou públicas.

3.2.1.5 Operação e manutenção

As atividades devem definir-se claramente na etapa de projeto do sistema, considerando os recursos disponíveis na região com a capacidade tecnológica da comunidade e sua cultura. Os principais aspectos a serem considerados são: i) futuros responsáveis pela manutenção e operação do sistema; ii) gastos com equipamentos, materiais e responsáveis por esses desembolsos; e iii) nível de capacitação técnica dos envolvidos e suas atividades (GARCIA e GALVIS, 2000).

3.2.1.6 Conservação da bacia hidrográfica

Aspecto importante por si só e para garantir a eficiência da tecnologia, até o horizonte de planejamento, evitando mudanças na quantidade e qualidade da água da fonte de abastecimento.

3.2.1.7 Apoio institucional contínuo

A missão social e as funções das diferentes entidades relacionadas ao abastecimento de água devem ser mais bem estabelecidas através da definição de uma política institucional, na qual se define os responsáveis por outorgar crédito ou financiar obras de infraestrutura no setor; assessorar e capacitar na operação e manutenção do sistema, incluindo ações de preservação da bacia hidrográfica; e fiscalizar a qualidade do serviço prestado. Neste caso, devem-se estabelecer mecanismos claros de comunicação entre instituições, comunidade e prestadores de serviço, permitindo um gerenciamento integrado (GALVIS *et al.*, 1999).

3.3. Alternativa tecnológicas para abastecimento de água em comunidades isoladas

Segundo Heller e Pádua (2006) as soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano abrangem todas as modalidades de abastecimento coletivo de água distintas do sistema tradicional, sem comprometer o padrão de potabilidade. Incluem, dentre outras, as fontes, poços comunitários, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais (horizontal e vertical), bem como, produtos químicos de uso menos usual no tratamento de água, mas com potencial de aplicação em pequenas comunidades.

O sistema de abastecimento de água convencional está sobre responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão, e é feita obrigatoriamente por meio de redes. Por outro lado, nas soluções alternativas de abastecimento não há a obrigatoriedade de distribuição por redes e nem de responsabilidade do poder público, sendo a maior diferença entre os dois modelos o carácter gerencial (HELLER e PÁDUA, 2006).

O emprego de soluções alternativas de abastecimento de água pode ocorrer para atender a uma situação permanente ou transitória, como por exemplo, as situações de emergência de origem natural ou operacional.

Em muitas localidades brasileiras com escassez hídrica, a exemplo de comunidades rurais do semiárido, as soluções alternativas são as principais responsáveis pelo abastecimento de água da população. O poder público ainda não garante água a milhares de brasileiros que, por esse motivo, têm de recorrer a soluções muitas vezes precárias, que não asseguram o acesso à água com qualidade e em quantidade necessária ao consumo humano. Este é, ainda hoje, um dos maiores problemas a serem enfrentados no campo do abastecimento de água no País, pois as soluções individuais implicam transferir para a população, em geral a população mais carente e com menor nível de instrução, a responsabilidade que compete ao poder público.

A seguir detalham-se as principais técnicas em abastecimento de água em comunidades isoladas:

3.3.1. Captação de água

a) Técnica: Nascente

Descrição: Captação com sistema de recalque ou utilizando de recipientes.

Vantagens: Probabilidade de maior qualidade de água quando o manancial é protegido.

Desvantagens: Geralmente devem-se percorrer longas distâncias até a fonte de captação.

b) Técnica: Captação de água de chuva

Descrição: A água que cai no telhado de casas é recolhida por calhas e armazenadas em cisternas.

Vantagens: Não é preciso percorrer longas distâncias. Pode ser individual ou coletivo.

Desvantagens: Os telhados e calhas devem ser limpos a cada estação de chuva. Risco de organismos patogênicos. Eventualmente, são necessários tratamentos complementares. Técnica sazonal que requer um custo razoável de implantação.

c) Técnica: Captação de manancial superficial

Descrição: Captação com sistema de recalque ou utilizando de recipientes.

Vantagens: Fácil acesso

Desvantagens: Grande probabilidade de a água ser de qualidade inferior, principalmente quando a bacia hidrográfica estiver desprotegida. Dentre os corpos d'água superficiais, os rios são os mais susceptíveis à poluição e à contaminação sendo necessária, na maioria dos casos, a implantação de uma ETA robusta.

d) Técnica: Captação de águas subterrâneas de lençol freático e/ou lençol confinado

Descrição: Captação subterrânea de água por poços normais e/ou poços artesianos, utilizando-se de sistemas de recalque.

Vantagens: a turbidez normalmente é baixa.

Desvantagens: os poços de lençóis freáticos são susceptíveis à poluição e à contaminação decorrente da infiltração de lixiviados. Podem apresentar elevadas concentrações de sólidos dissolvidos, principalmente pela presença de metais e íons que conferem dureza à água. Não fornece grandes vazões e depende das variações climáticas. No caso dos poços artesianos, podem apresentar sólidos dissolvidos de interesse sanitário. Em ambos os casos, a implantação é mais complexa quando comparada às outras técnicas, devido à perfuração do solo ou rocha.

3.3.2. Sistema de recalque

a) Técnica: Sistema particular

Descrição: Sistema de bombeamento de água que beneficiará um indivíduo ou uma família.

Vantagens: O sistema de recalque é mais simples, portanto, de menor custo.

Desvantagens: Maior gasto de energia por indivíduo beneficiado.

b) Técnica: Sistema comunitário

Descrição: Sistema de bombeamento de água que beneficiará várias famílias

Vantagens: Menor gasto de energia por indivíduo beneficiado

Desvantagens: O sistema de recalque é mais complexo, o que implica maiores investimentos em acessórios, tubulações e equipamentos (bombas) mais potentes.

3.3.3. Tratamento (coagulação e floculação)

a) Técnica: Coagulantes naturais

Descrição: a coagulação e floculação permitem transformar as impurezas que se encontram em suspensão fina em aglomerados maiores (flocos) que podem ser removidos posteriormente por sedimentação e/ou filtração (CESTESB, 1987). Em comunidades isoladas, têm-se desenvolvido pesquisas sobre o uso de coagulantes naturais que podem substituir os sais de alumínio ou ferro. Os coagulantes normalmente são de origem orgânica, constituídos a base de polissacarídeos, proteínas e amidos, entre os quais se destacam a farinha de mandioca, a fécula de batata e diversas sementes.

Vantagens: Os coagulantes, tanto de natureza química quanto natural, tem como vantagem a diminuição significativa das impurezas presentes na água bruta.

Desvantagens: Apesar do interesse em coagulantes naturais ter aumentado ultimamente, ainda faltam pesquisas que indiquem a eficiência do tratamento e a forma correta de aplicação dos coagulantes (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

3.3.4. Tratamento (filtração)

a) Técnica: Filtro de vela

Descrição: Filtro composto por dois reservatórios sobrepostos. O reservatório superior possui velas no seu interior que realizam filtração.

Vantagens: Fácil de adquirir ou mesmo de construir.

Desvantagens: Faltam pesquisas que abordem a eficiência do filtro (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010). Também, a vida útil do filtro é menor se for utilizada água com turbidez elevada.

b) Técnica: Filtro de areia

Descrição: O funcionamento é semelhante ao dos filtros lentos. A limpeza deve ser realizada através da raspagem da camada superficial. Após diversas limpezas, o leito filtrante deve ter sua espessura original reconstituída (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

Vantagens: Fácil de construir.

Desvantagens: A operação e manutenção inadequada podem aumentar a concentração de microrganismos na água filtrada (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

c) Técnica: BioFiltro de areia - BFA

Descrição: Desenvolvidos como alternativa doméstica de tratamento de água, visando à remoção de sólidos suspensos e patógenos por meio de processos físicos e biológicos. Construído dentro de um reservatório de plástico (ou de concreto) com tubulações de entrada e de saída de água (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010). Os componentes do BFA estão esquematizados na figura 8 a seguir.

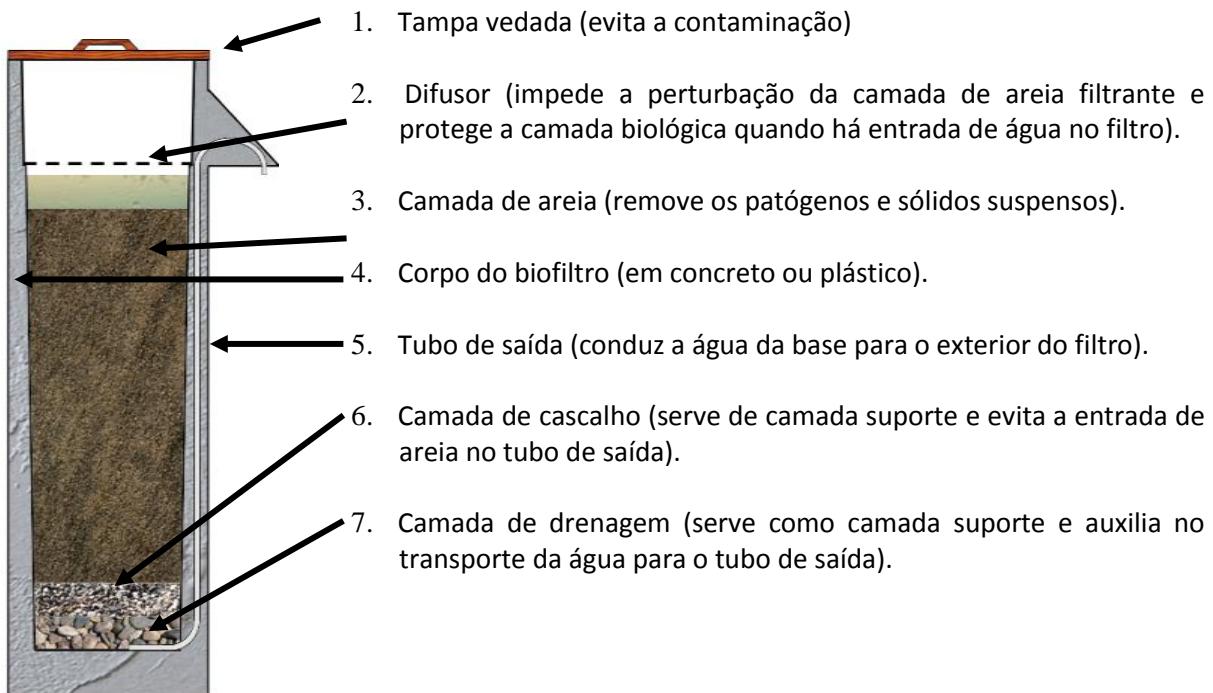


Figura 8 - Componentes do BFA (CAWST, 2010)

A Figura 9 apresenta as zonas de operação do BFA. A zona de entrada constitui a área onde a água é adicionada. A zona de coluna viabiliza o contato da areia com a água para que o meio filtrante permaneça molhado e, também, permite a passagem do oxigênio à camada biológica. A coluna de água deve ser de 5,0cm acima da camada de areia, durante o período de pausa do BFA. Uma altura superior talvez possa comprometer a passagem do oxigênio e uma menor altura poderia gerar a evaporação da água comprometendo a camada biológica.

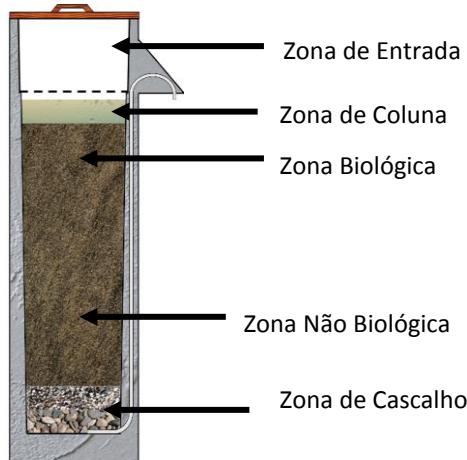


Figura 9 - Zonas de Operação do BFA (CAWST, 2010)

A zona biológica do BFA se desenvolve, a partir do topo do meio filtrante, até uma profundidade de 10 cm. Nessa zona acontece a remoção dos patógenos, partículas suspensas e outros contaminantes.

Nos primeiros 2,0 cm ocorre o desenvolvimento de uma camada biológica também conhecida como *schmutzdecke* – responsável para remoção do risco microbiológico pelo consumo de patógenos pelos microrganismos existentes na camada biológica.

No BFA, a zona não biológica ocorre morte natural dos patógenos, pela falta de nutrientes e oxigênio. A zona de cascalho impede a descida da areia e, consequentemente, o entupimento do tubo de saída.

O BFA funciona por gravidade e em batelada e, na operação, a taxa de filtração varia de acordo com o volume inserido na zona coluna– à medida que a coluna de água diminui, haverá decréscimo da taxa. A redução da taxa de filtração acontece, igualmente, quando há retenção de impurezas no topo da areia filtrante.

Quando o volume de água produzido pelo BFA se reduz a valores inaceitáveis, a unidade deve ser retirada de operação para limpeza. A limpeza consiste na higiene das paredes, descompactação da areia com a mão e, em alguns casos, remoção de parte da camada biológica com um pano. O BFA pode produzir uma vazão de 1,0 L/min e sua capacidade pode chegar a 15 litros. O *schmutzdecke* deve estar formado para garantir a potabilidade da água, assim, deve-se esperar 3 a 5 dias, após o início de operação do filtro, para iniciar o consumo da água filtrada.

Vantagens: Os BFA vêm sendo utilizados em comunidades isoladas da Índia, Ásia, África e Centro América com resultados satisfatórios na redução de turbidez, sólidos e coliformes (CAWST, 2010). Fácil de construir.

Desvantagens: O amadurecimento do filtro pode demorar de 2 a 3 semanas (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010); nesse período, o filtro não pode ser utilizado gerando, nos consumidores, a procura por outras fontes de abastecimento.

3.3.5. Tratamento (adsorção)

Técnica: Adsorventes naturais

Descrição: Os adsorventes são utilizados para remover substâncias que podem alterar o gosto ou odor da água de consumo. Vários tipos de adsorventes naturais podem ser utilizados, tais como: carvão vegetal, esponja natural (*Luffa cylindrica*), farelo de soja, bagaço de cana-de-açúcar e tabôa (*Typha angustifolia*) – (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

Vantagens: Dependendo das características do local, o recurso pode ser facilmente encontrado em comunidades isoladas.

Desvantagens: Faltam pesquisas que abordem a eficiência desses adsorventes naturais (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

3.3.6. Tratamento (desinfecção)

a) Técnica: uso de hipoclorito

Descrição: Dosa-se hipoclorito de sódio ou de cálcio na água de consumo a fim de eliminar alguns microrganismos patogênicos. A dosagem depende do volume de água que se deseja desinfetar, da qualidade da água e da concentração da solução de hipoclorito que estiver sendo utilizada.

Vantagens: Alternativa comumente utilizada por sua simplicidade. O hipoclorito é facilmente encontrado em postos de saúde ou até mesmo distribuído pelos agentes de saúde.

Desvantagens: Gera subprodutos na água que podem gerar riscos à saúde do consumidor. Quando dosado incorretamente pode gerar gosto, o que dificulta a aceitação para o consumo. Após a aplicação e mistura do desinfetante na água, recomenda-se esperar mais o menos uma hora antes de utilizá-la (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

b) Técnica: Radiação Solar – “Solar Water Disinfection” (SODIS)

Descrição: O SODIS consiste numa tecnologia para o tratamento microbiológico pela exposição da água, armazenada em garrafas plásticas, ao sol. O método SODIS utiliza duas componentes da radiação: UV-A, responsável pela modificação do DNA dos microrganismos e a radiação infravermelha responsável pela elevação da temperatura da água, tendo em vista que os

microrganismos são sensíveis ao aquecimento. As garrafas transparentes recebem raios solares por, aproximadamente, seis horas (SODIS, 2002).

Vantagens: O SODIS é um método de desinfecção barato, de fácil aplicação, dispensa o fornecimento de energia elétrica, não depende de agentes químicos e é eficaz; portanto, apropriado para comunidades isoladas (SODIS, 2002). É ideal para tratar pequenas quantidades de água em escala doméstica (SODIS, 2002). Ainda, é possível aumentar a eficiência do método SODIS colocando as garrafas sobre superfícies refletoras, ou através da utilização de um concentrador solar que auxilie no aumento da temperatura do sistema (SODIS, 2002).

Desvantagens: Método que depende das condições climatológicas. Não é possível tratar grandes volumes de água (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010). O método não apresenta bons resultados para águas com turbidez maior que 30 uT. Pode ocorrer a recontaminação da água devido ao mau manuseio das garrafas (SODIS, 2002). Além disso, para uma efetiva desinfecção é preciso reservar algumas horas para o tratamento, o que exige dos usuários planejamento do uso da tecnologia.

Uma das desvantagens da desinfecção solar apontada por Kehoe *et al.* (2001) e SODIS (2003) é a necessidade da consumo da água tratada no mesmo dia ou no máximo após 1 dia em que foi submetida ao processo de desinfecção devido ao risco de crescimento bacteriano uma vez que o SODIS não apresenta efeito residual.

Ainda recomenda-se a realização de uma detalhada pesquisa abrangendo diversos tipos de microrganismos, como protozoários, vírus e outros parasitas.



Figura 10– tecnologia de desinfecção SODIS (CAWST, 2010)

c) Técnica: Fervura

Descrição: A desinfecção ocorre ao ferver a água por cinco minutos, tempo suficiente para inativar ou matar a maior parte dos microrganismos.

Vantagens: Alternativa viável em comunidades que possuam fonte de energia que permita a fervura da água (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

Desvantagens: A água fervida perde o oxigênio dissolvido, e, em consequência, torna-se de gosto desagradável, o que dificulta a aceitação para o consumo. Para fazer desaparecer esse gosto, é necessário arejar a água (OPS, 2005; HELLER & PÁDUA, 2006; CAWST, 2010).

3.3.7. Armazenamento de água

a) Técnica: Cisterna

Descrição: Reservatório fechado de águas pluviais.

Vantagens: Grande capacidade de armazenamento: Segundo o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), uma cisterna de 16 mil litros pode suprir a necessidade de consumo de uma família de 5 pessoas por um período de estiagem de 8 meses.

Desvantagens: É necessário fazer manutenção da caixa como limpezas periódicas. O primeiro jato deve ser desconsiderado, a fim de se evitar o consumo de impurezas.

b) Técnica: Garrafas PET

Descrição: Recipientes utilizados para armazenamento e transporte de água.

Vantagens: Armazena pequenos volumes, fato que permitem fácil deslocamento.

Desvantagens: Faltam pesquisas em relação à liberação de substâncias na água, por parte das garrafas PET, que possam gerar riscos à saúde do consumidor.

3.3.8. Distribuição

a) Técnica: Torneira pública

Descrição: fornece água a vários consumidores.

Vantagens: Traz acessibilidade à água.

Desvantagens: Vazamentos, desperdícios e necessidade de deslocamento do consumidor.

3.3.9. Outras opções de abastecimento

a) Técnica: Água mineral engarrafada

Descrição: Produtos elaborados a partir do envasamento de águas, normalmente, subterrâneas.

Vantagens: Grande aceitação para o consumo por ser considerada segura.

Desvantagens: Alternativa de elevado custo. Faltam pesquisas em relação à liberação de substâncias na água, por parte das garrafas, que possam gerar riscos à saúde do consumidor. Segundo Queiroz *et al.* (2012) existem casos de contaminação de águas envasadas provocando distúrbios gastrointestinais e outras enfermidades. Sérias suspeitas recaem particularmente sobre os garrafões de 20 litros. Microrganismos prejudiciais à saúde humana podem ser encontrados nas águas envasadas como consequência da falta de condições higiênico-sanitárias na captação, envase, transporte e armazenamento do produto.

3.4. Risco físico e microbiológicos em águas

No tratamento de água, o risco pode ser definido como a probabilidade da água transportar agentes contaminantes, os quais podem causar doenças no ser humano ou alterar o desempenho normal das tarefas na comunidade (LLOYD *et al.*, 1991). Esse risco existe devido às atividades antrópicas ou processos naturais que alteram as características físicas, químicas, microbiológicas e radiológicas da fonte de abastecimento e pode provocar rejeição, doença ou até morte aos consumidores.

Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008), o risco físico está representado pelos contaminantes que alteram a preferência do uso da água, os quais podem ser apreciados imediatamente fomentando, nos consumidores, questionamentos relacionados à sua segurança. A rejeição da água pode indicar a procura de fontes alternativas aceitáveis para os sentidos; porém, água de boa aparência estética não significa necessariamente adequada para o consumo. Segundo Vieira (2004) e Solano *et al.* (2000), parâmetros como turbidez, cor aparente, cor aparente, ferro, manganês, cloretos, odor, gosto e dureza podem ser considerados variáveis de risco físico, os quais não geram perigo direto à saúde humana. No entanto, sua presença, às vezes, cria condições para o aparecimento de micro-organismos patogênicos e de compostos químicos de interesse sanitário como metais pesados, agrotóxicos e subprodutos de desinfecção.

O risco microbiológico associa-se à presença de patógenos como bactérias, vírus e protozoários na água de consumo, os quais surtem efeitos agudos nos indivíduos expostos. De acordo com a WHO (2011), o controle desse risco é prioritário devido ao grande impacto na saúde da população. A maioria dos micro-organismos presentes na água vem da fonte de abastecimento, mas são reduzidos ou inativados com adequadas técnicas de filtração e de desinfecção na estação de tratamento.

A qualidade microbiológica da água é determinada pela presença ou ausência de micro-organismos de origem fecal. Normalmente, a *Escherichia coli* é usada como bioindicador de risco microbiológico e eficiência dos sistemas de tratamento. Porém, apresenta várias limitações, principalmente sua baixa resistência aos desinfetantes se comparado com

protozoários (*Giardia* e *Cryptosporidium*) e vírus. Assim, sua ausência na água de consumo não garante inexistência de patógenos.

No Brasil, a Portaria 2914/2011 estabelece os padrões de potabilidade da água para o consumo humano.

Na avaliação do risco, o ideal seria remover todas as formas de risco presentes na água de consumo. No entanto, existem fatores como recursos financeiros, capacidade institucional, avanços tecnológicos e regulamentação vigente que podem influenciar no alcance da remoção de riscos. Assim, é priorizada a remoção de riscos físicos e microbiológicos e posteriormente químicos e radiológicos, conforme a Figura 11.

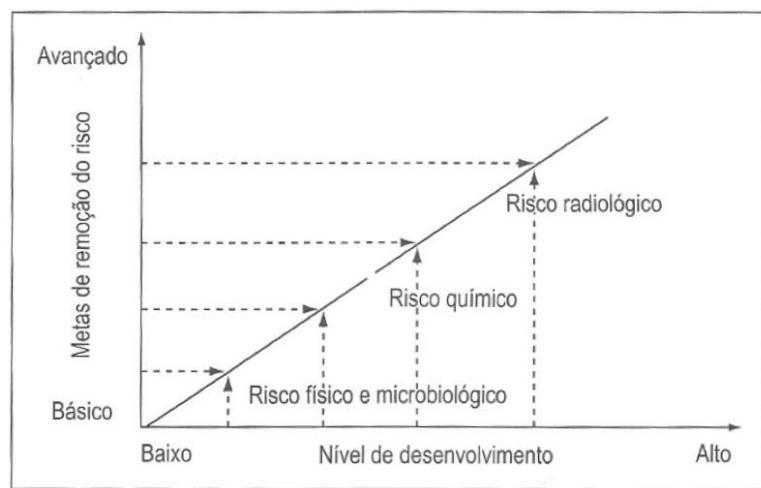


Figura 11 – Representação conceitual da redução do risco (COFFEY e REID, 1982).

4. METODOLOGIA

A metodologia foi baseada em três atividades conforme Figura 12. As informações foram coletadas visando descrever a comunidade para posterior diagnóstico da situação de abastecimento de água. Para se formular possíveis soluções tecnológicas que permitam melhorar o abastecimento de água na comunidade foram levantadas tecnologias na literatura e criados critérios de seleção para a escolha das tecnologias que melhor se adequariam ao diagnóstico apresentado. Com esse material e contando com os conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação, recomendaram-se algumas possíveis soluções para a situação.

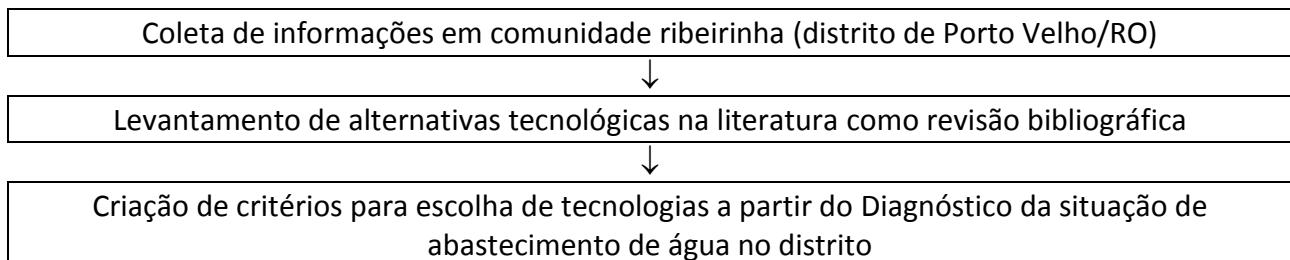


Figura 12 – Atividades da pesquisa.

Em função da falta de dados precisos, as soluções propostas no trabalho de conclusão de curso – TCC foram genéricas, visando orientar as tecnologias viáveis. Destaca-se que será indispensável, futuramente, complementar os resultados do TCC com um estudo completo de concepção de sistema de abastecimento atendendo aos passos indicados na NBR 12211/1992. Portanto, não é possível e nem indicada a aplicação direta dos resultados deste trabalho na área em estudo.

4.1. Coleta de informações no distrito

A coleta de informações foi realizada na comunidade de Nazaré/RO e no sistema de abastecimento de água, aproveitando os dados obtidos pelo NAPRA, visitas de campo e algumas informações fornecidas pela Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia – CAERD.

4.1.1 Visita de campo a comunidade de Nazaré

O contato com a comunidade de Nazaré – Porto Velho/RO foi iniciado pela ONG, Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia – NAPRA, da qual a autora deste TCC foi membro de novembro de 2010 a maio de 2012. A primeira intervenção da qual ela participou teve início no dia 8 até 29 de julho de 2011 e a segunda visita foi do dia 4 ao 7 de abril de 2012.

O NAPRA é uma organização sem fins lucrativos que tem como missão promover a formação de estudantes e aprimoramento de profissionais sobre intervenção comunitária no contexto amazônico. Para tanto, o NAPRA atua nos estados de São Paulo, ao longo de todo o ano, e em Rondônia propiciando a vivência com os ribeirinhos, sobretudo durante o mês de julho. As atividades do NAPRA são organizadas tendo como base o ciclo de um ano, começando em novembro com a entrada dos novos membros e terminando ao final de outubro com o final do processo seletivo de novos membros. No mês de abril é realizada a chamada Viagem precursora que tem como objetivo levantar demandas das comunidades a serem trabalhadas nos projetos de julho.

Na atuação de julho de 2011, a equipe efetuou análises de água e realizou uma pesquisa de consumo e tratamento de água com a comunidade. Foram realizadas análises de temperatura, cloreto, dureza, oxigênio dissolvido, amônia, cloro livre, ferro, fosfato, pH e turbidez utilizando o kit de análise de água “AlfaKit”. A análise de coliformes fecais foi possível a partir do kit 5848 da marca LaMotte. Ambos os kits de análise mostram resultados aproximados por serem rudimentares e dependerem da percepção humana. Todavia foi o único recurso disponível e confiou-se que poderia indicar um cenário aproximado da realidade.

A partir de um mapa elaborado pela equipe do NAPRA, foram escolhidas casas que abrangiam todas as áreas da comunidade. Ao total foram visitadas 38 casas das 192 existentes. As informações levantadas nessa pesquisa foram:

- Qual a fonte da água usada para fins potáveis (água mineral comprada, Rio Madeira, Igarapé Peixe-Boi, Igarapé Cura-Ressaca, filtro comunitário e poço da Escola);
- Qual a fonte da água usada para fins não-potáveis (água mineral comprada, Rio Madeira, Igarapé Peixe-Boi, Igarapé Cura-Ressaca, filtro comunitário e poço da Escola);
- Qual o sistema de distribuição de água (rede pública, rede privada, garrafas);

- Qual a forma de tratamento usada para o consumo potável (hipoclorito, sulfato de alumínio, aquecimento, filtro comunitário, filtro particular);
- Quem da família é o responsável pelo tratamento e coleta da água e a manutenção da estrutura de distribuição da água.

As informações foram levantadas em entrevistas informais, durante visitas domiciliares. Foram realizadas reuniões com a comunidade para discutir a importância do abastecimento de água. Em um desses encontros que foi possível o primeiro contato com o projeto de rede de distribuição da CAERD.

Na atuação de abril de 2012, a autora visitou a comunidade novamente. Mais uma vez foram coletados relatos da população sobre as condições da água bruta, os tratamentos utilizados, as fontes de captação e o consumo de forma semelhante ao realizado na atuação anterior. É relevante citar que o mês julho corresponde ao período de seca na comunidade, enquanto que abril ainda é período de chuvas. Por isso, o levantamento de informações pelos relatos foi refeito.

Além disso, foram coletadas amostras de cinco fontes de água ilustradas na Figura 10 (Rio Madeira, Igarapé Peixe-Boi, Igarapé Cura-Ressaca, filtro comunitário e poço comunitário) as quais foram congeladas e trazidas para testes no laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo – USP. Os ensaios realizados foram: pH, turbidez, cor aparente, coliformes totais e *Escherichia coli*. Cabe ressaltar que a sazonalidade do rio (época de cheia ou seca) influencia na qualidade da água quando se considera os fluxos de entrada ou saída dos igarapés para o Rio Madeira e vice versa. Portanto, essas análises refletem o cenário de cheia destes mananciais.



Figura 13 – Amostras de cinco fontes de água de Nazaré/RO.

Para as análises das amostras foram utilizadas as seguintes metodologias:

a) pH – Foi utilizado o pHmetro Digimed DM – 20.

Primeiramente limpou-se o potenciômetro 30 minutos antes do uso, aferiu-se com soluções padrões de pH 4 e 7 e realizou-se a checagem com solução de 6,85 até 6,87. Trabalhos em série requerem a lavagem dos eletrodos entre uma leitura e outra, com água destilada e secagem com papel-toalha. Posteriormente, colocou-se uma amostra em um béquer com agitador e então o eletrodo foi introduzido, indicando o valor. Registraram-se as leituras. O equipamento utilizado é apresentado na Figura 11.



Figura 14 – pHmetro Digimed – DM 20.

b) Turbidez - Foi utilizado o 2100P Turbidimeter da marca Hach.

Primeiramente realizou-se a checagem com padrão secundário verificando se estava dentro da faixa padrão estipulada pelo fabricante. Depois, completou-se a cubeta até a marca com a amostra que foi introduzida no leitor, indicando o valor. Registraram-se as leituras. Foram realizadas dois tipos de análises: não agitando e agitando a amostra. O equipamento utilizado está na Figura 12.



Figura 15 – Turbidímetro 2100P da marca Hach.

c) Cor - Foi utilizado o equipamento Digimed DM – Cor

Primeiramente as amostras foram filtradas em um filtro a vácuo. Calibrou-se o equipamento com o padrão de 100 ptco. Posteriormente, a cubeta foi completada até a marca com a amostra que foi introduzida no leitor indicando o valor. As leituras foram registradas. O equipamento utilizado é apresentado na Figura 13.



Figura 16 – Colorímetro Digimed DM Cor.

- d) Coliformes e E. Coli – Cartela: Idexx Quanti – Tray*/2000, Equipamento: Idexx – Quanti – Tray™ Sealer e meio de cultura: Colilert (Idexx)

Primeiramente colocou-se a enzima Colilert em 100 ml de amostra homogeneizando a mistura. Completou-se a cartela e a sela utilizando a seladora que distribui e lacra o líquido na cartela. Após 24h na estufa, a leitura foi realizada considerando os quadrados amarelos como a representação de coliforme total e as unidades azuis na luz fosforescente, *Escherichia coli*. As cartelas e o equipamento são mostrados nas Figuras 14 e 15.



Figura 17 – Cartelas Idexx Quanti – Tray*/2000 (Colilert, 2002).



Figura 18 – Seladora Idexx – Quanti – Tray™ Sealer (Colilert, 2002).

4.1.2 Contato com a companhia de saneamento

Para maior conhecimento do sistema de abastecimento do distrito foi contatada a CAERD que futuramente assumirá a concessão do serviço na comunidade. Informações como carta topográfica aproximada, planta cadastral preliminar e descrição básica de um futuro sistema de abastecimento a ser implantado foram fornecidas pela companhia. O Projeto Básico de Implantação do Sistema de Abastecimento de água do Distrito de Nazaré – Município de Porto Velho – foi elaborado pela Empresa Kuroda Engenharia Ltda em Fevereiro de 2011, apresentado em anexo.

4.2. Diagnóstico da situação de abastecimento de água no distrito em questão

A realização de um diagnóstico sobre o abastecimento de água na comunidade em questão foi possível pela vivência proporcionada pela ONG NAPRA, disciplinas oferecidas no curso de Engenharia Ambiental, estudos complementares feitos especificadamente para o desenvolvimento deste trabalho e informações disponíveis pelo NAPRA em seu site e material interno oferecido para membros. Além da teoria, olhares críticos e percepções foram possíveis ao desenvolver o trabalho com uma equipe transdisciplinar em julho de 2011. Não existe uma metodologia definida para criação do diagnóstico além da soma de informações, experiências e percepções acima citados.

4.1. Criação de critérios de seleção de tecnologias

A seleção das alternativas tecnológicas foi possível pelas informações trazidas no próprio diagnóstico apresentado como resultado deste trabalho, pela vivência e o histórico de

tentativas bem sucedidas pelo NAPRA, disciplinas oferecidas pelo curso de Engenharia Ambiental e estudos complementares feitos especificadamente para o desenvolvimento deste trabalho. Além da teoria, olhares críticos e percepções foram possíveis ao desenvolver o trabalho com uma equipe transdisciplinar em julho de 2011. Não existe uma metodologia definida para os critérios de escolha das tecnologias além da soma de informações, experiências e percepções acima citados.

4.4 Recomendações de alternativas de abastecimento

Após a análise da situação do abastecimento de água em Nazaré foram recomendadas alternativas individuais e coletivas indicando seus critérios básicos e gastos envolvidos segundo: CETESB (1976), Heller & Pádua (2006), Porto (2001) e Tsutiya (2005).

4.4.1 Solução coletiva

Um projeto básico de um sistema de abastecimento de água foi desenvolvido tomado como base as seguintes referências bibliográficas: CETESB (1976), Heller & Pádua (2006), Porto (2001) e Tsutiya (2005).

Destaca-se que o projeto básico não pode ser implementado na comunidade em questão sem o desenvolvimento do projeto executivo.

4.4.2 Soluções individuais:

Para a proposição de soluções individuais e tendo em vista sua simples implementação, foram consultados a seguinte bibliografia: CAWST (2010) e Clorador da EMBRAPA.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Descrição do Distrito de Nazaré/RO

Em função do contato com o NAPRA supracitado foi possível descrever o distrito de Nazaré/RO a seguir.

A comunidade de Nazaré está localizada na margem esquerda de quem navega o rio Madeira de Porto Velho/RO para Humaitá/AM, a cerca de 200 km de Porto Velho, capital de Rondônia. Situa-se na mesorregião do Madeira-Guaporé. O acesso à comunidade pode durar aproximadamente 7 horas de viagem por meio de barcos comerciais (barcos típicos da região Norte) ou 4 horas de voadeira (lancha com motor de 40HP). O transporte até o distrito é exclusivamente fluvial, através do rio Madeira, via porto fluvial.

Nazaré se encontra no entorno de três unidades de conservação: Reserva Extrativista do Lago do Cuniã (RESEX do Cuniã), Estação Ecológica do Lago do Cuniã (RESERVA do Cuniã) e Floresta Nacional do Jacundá (FLONA Jacundá) como ilustrado nas Figuras 16 e 17.



Figura 19 – Localização regional no estado de Rondônia (NAPRA, 2012).



Figura 20 – Mapa regional de Porto Velho com Unidades de Conservação (NAPRA, 2012).

Assim como as demais comunidades do Madeira, o Distrito de Nazaré é formado por descendentes de seringueiros nordestinos e de índios que ocupavam a região, tendo hoje cerca de 600 pessoas.

A comunidade é hoje sede do Distrito do município de Porto Velho e conta com um administrador local, indicado pelo Prefeito, que é responsável pela gestão pública de Nazaré e das outras comunidades que pertencem ao Distrito. A comunidade conta também com a chamada Associação dos Produtores, Moradores e Amigos de Nazaré (AMPAN), constituída por cerca de 200 associados.

O fornecimento de energia elétrica no distrito é feito através de geradores e a distribuição pública ocorre durante todo o dia, sendo que grande parte das casas possuem televisão com recepção via antena parabólica, rádios e DVDs. A maioria das casas é feita em Madeira com telhas de fibrocimento, e algumas são construídas em alvenaria ou misturando

madeira e alvenaria. Recentemente, linhas telefônicas particulares passaram a ser instaladas nas casas, sendo que atualmente grande parte das casas já conta com essa tecnologia.

O Posto de Saúde comunitário está instalado em um prédio de alvenaria que mede cerca de 80 m² e que apresenta condições razoáveis se comparadas às dos demais postos da região. O posto conta com uma equipe fixa, mantida pela Secretaria de Saúde de Porto Velho, sendo composta por um técnico de enfermagem, um microscopista, um agente comunitário de saúde, dois agentes de endemia e um motorista da “ambulancha” (embarcação disponibilizada pelo Governo do Estado para transportar enfermos em emergências), além de dois funcionários responsáveis pela limpeza e um que trabalha no setor administrativo. A Secretaria Municipal de Saúde mantém o posto abastecido com cloro para o tratamento da água e com medicamentos básicos. Uma equipe do Programa de Saúde da Família visita a comunidade três vezes por mês.

A água usada para o consumo humano e higienização é proveniente dos Igarapés que circundam a comunidade (Igarapé Peixe-Boi, Igarapé Cura-Ressaca, Igarapé Correnteza), do Rio Madeira e do poço da “Escola Manuel Maciel Nunes”. A comunidade possui uma bomba que abastece quase toda a população através de um sistema que capta a água, reserva em uma caixa d’água de 30 mil litros e distribui à população através de uma rede precária, como pode ser observado na Figura 21. Nenhuma destas fontes possui tratamento antes de ser distribuída.

O filtro lento comunitário (Figura 22) foi construído por um antigo projeto do NAPRA na tentativa de melhorar a qualidade da água para consumo. Consiste num filtro lento abastecido pela rede local no centro comercial da comunidade.



Figura 21 – Reservatório do sistema de abastecimento atual.



Figura 22 – Filtro lento comunitário.

Depois da utilização da água, gera-se o esgoto, o qual não é tratado antes de ser devolvido ao sistema (rios e igarapés). A sua principal forma de despejo é em fossas negras. Em Nazaré, como em diversas comunidades da região, observa-se a falta de coleta de lixo. Na maioria das vezes, a forma de disposição dos resíduos é a queima.

A escola Municipal Floriano Peixoto oferece turmas da 1º ao 9º ano do ensino fundamental. A escola conta com três professores contratados para dar aula do 1º ao 5º ano e que as turmas são multisseriadas. Diversas turmas assistem aula em espaços improvisados, por falta de salas. Entre o 6º e o 9º ano, os alunos são parte de um projeto especial da Divisão de Ensino Rural da Secretaria Municipal de Educação, denominado Projeto Ribeirinho, que se baseia na proposta da pedagogia de alternância. Ao invés de frequentarem as aulas durante todo o período letivo, os estudantes alternam períodos de aula com períodos livres em que podem ajudar os pais no trabalho. Está em construção uma escola Estadual, a Escola Eduardo Costa, que deverá oferecer o Ensino Médio nos próximos anos.

Em Nazaré, surgiu em 2006, por iniciativa de um educador da comunidade, o grupo musical Minhas Raízes, que desenvolve um trabalho de valorização da cultura local. O grupo é formado por crianças com aptidão musical que cantam músicas compostas pelos próprios integrantes e tocam instrumentos musicais, estes de produção própria, feitos com materiais da floresta. O grupo Minhas Raízes têm feito sucesso em Porto Velho e já se apresentou fora de

Rondônia, gerando perspectivas baseadas na própria realidade local para os jovens das comunidades.

São predominantes a religião católica com duas igrejas e evangélica com três igrejas.

A economia de local é baseada em:

- a. Cargos públicos – Vigias, garis, auxiliares de enfermagem, administrador, professores, diretores do posto de saúde e da escola.
- b. Comércio – Mercearias, bares e venda de alimentos (Pães, salgados e sorvetes, que são vendidos na casa dos moradores que os fazem).
- c. Pesca – Para venda e consumo, que se dá, sobretudo no lago que se localiza atrás da comunidade.
- d. Produção agrícola – Mandioca, melancia, banana, açaí para venda e consumo.
- e. Produção de farinha – Para venda e consumo.
- f. Extrativismo – Castanha e açaí para venda e consumo e diversas outras frutas da floresta só para consumo.

A comunidade é classificada como uma área de assentamento do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), e o órgão responsável por gerir tais recursos, em Nazaré, é a EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural). Há informações de que o cadastramento das famílias assentadas não foi realizado adequadamente e, portanto, nem todas as famílias da comunidade constam nos documentos do órgão, que deve gerir os benefícios. Um escritório da Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia (EMATER-RO) está instalado na comunidade, sendo que dois técnicos permanecem no escritório o ano todo para dar apoio aos agricultores da região. Anualmente, os produtores organizam a já tradicional Festa da Melancia, que atrai centenas de pessoas de toda a região.

A região do Baixo Madeira se encontra à jusante das barragens do Complexo Hidrelétrico do Madeira (Jirau e Sto. Antônio). Atualmente, a região está sendo contemplada pelas ações de compensação e mitigação dos impactos socioambientais, que são realizadas pelo programa Ecos do Madeira, da ONG Amazônia Brasil, com o financiamento da Santo Antônio Energia.

O distrito não conta com unidade de segurança pública.

Sobre os aspectos físicos Nazaré apresenta clima equatorial, quente e úmido, com temperaturas (máxima = 37°C; mínima = 17°C; média da máxima = 32°C; média da mínima = 28°C), com chuvas abundantes no período de novembro a abril e seca no restante do período.

O relevo do Distrito é pouco acidentado, não apresentando grandes elevações ou depressões, com variações de altitudes que vão de 45 metros a pouco mais de 60 metros. Os rios e Igarapés que cortam o distrito são: Rio Madeira, Rio Aponiã, Igarapé Prainha.

5.2. Diagnóstico do sistema de abastecimento

5.2.1 Manancial de abastecimento

A pesquisa realizada pela equipe do NAPRA, em 2011, indicou que a maioria das pessoas tinha como principais fontes de abastecimento os igarapés Peixe-Boi e Cura-Ressaca, o Rio Madeira e o poço da “Escola Manuel Maciel Nunes” – estes foram considerados pontos importantes de coleta de água para análises químicas e microbiológicas. Mesmo observando que poucas pessoas utilizavam o filtro comunitário, este foi também incluído como ponto de coleta para se verificar sua eficiência. As amostras foram coletadas no mês de abril de 2012 (época de seca, com reduzida vazão nos mananciais). Cabe ressaltar que a sazonalidade do rio (época de cheia ou seca) influencia na qualidade da água quando se considera os fluxos de entrada ou saída dos igarapés para o Rio Madeira e vice versa, ou seja, em períodos de cheia o fluxo de água está saindo do igarapé para o Rio Madeira, enquanto que na seca o fluxo é contrário. Portanto, essas análises refletem o cenário de cheia destes mananciais.

Os pontos de coleta de água bruta foram os Igarapés Peixe-Boi e Cura-Ressaca, o filtro comunitário, o Rio Madeira e o poço da “Escola Manuel Maciel Nunes”. As análises realizadas foram turbidez, cor aparente, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme resultados da Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das análises de turbidez, cor aparente, pH, Coliformes totais e *Escherichia coli*.

Pontos de coleta de água bruta	Horário de coleta	Temperatura do dia da análise (°C)	pH	Turbidez (NTU)		Cor aparente (uC)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)
				Agitado	Normal			
1. Poço Escola Municipal	9h10	22,4	8,28	2,05	1,39	1	A	A
2. Filtro Comunitário	7h10	22,3	7,18	12,4	1,43	21	$6,1 \times 10^5$	7
3. Rio Madeira	7h25	22,3	7,02	251	3,94	32	$3,4 \times 10^4$	5
4. Cura Ressaca	7h45	22,3	6,7	378	12,8	47	$1,0 \times 10^3$	102
5. Iguaрапé Peixe-boi	9h00	22,3	6,71	14,1	6,97	30	$5,0 \times 10^2$	A

Seguindo a Resolução CONAMA 357/2005, os quatro mananciais foram classificados de acordo com suas condições de qualidade. A referência citada apresenta algumas incompatibilidades com relação aos parâmetros a serem avaliados, pois leva em consideração os coliformes termotolerantes ao invés dos coliformes totais ou *Escherichia coli*. Dessa forma, utilizou-se a turbidez como parâmetro seletivo para recomendação da tecnologia a ser usada.

Como o filtro comunitário é um tratamento pelo qual a água é submetida, os resultados são discutidos no item 5.1.3.

O poço da escola é um manancial subterrâneo classificado como classe especial segundo o CONAMA 357 (2005). A amostra colhida apresenta baixa turbidez e cor aparente, sendo recomendada para: i) abastecimento humano, com desinfecção; ii) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e iii) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. Era esperado que a amostra do poço, assim como as restantes, apresentasse risco microbiológico, já que o esgoto da comunidade é disposto em fossas negras sem nenhum tipo de tratamento. Contudo, as análises apontaram ausência tanto para *Escherichia coli* como para coliformes totais – talvez o manancial esteja protegido da infiltração de fossas sépticas em função das características do solo.

A amostra colhida do Rio Madeira apresentou 251 NTU de turbidez, excedendo o limite de 100 NTU da classe 3 do CONAMA 357 (2005), conferindo ao manancial classe 4. Nesta classificação, o manancial é recomendado apenas para navegação e harmonia paisagística, sem indicação de tratamento. A parcela da população que vive às margens do Rio Madeira é menor

e a mais afastada do restante da comunidade e das outras fontes de abastecimento principalmente do poço da escola. Devido à distância acabam utilizando a água do rio Madeira.

O igarapé Cura Ressaca circunda a comunidade pelo Sul e consiste em fonte de água para uma parcela relativamente pequena da população quando comparada com o igarapé Peixe-Boi, sendo mais procurada para banhos e transporte. A análise da amostra de água do igarapé Cura Ressaca indicou como o pior ponto para captação de água para abastecimento, apresentando a maior turbidez (378 NTU) e 102 NMP de *Escherichia coli*. Assim, como o Rio Madeira, o igarapé também está na Classe 4 sendo recomendado apenas para navegação e harmonia paisagística.

O igarapé Peixe-Boi circunda a comunidade pelo Norte e consiste em fonte de água para uma grande parcela da população, inclusive para a captação do sistema de abastecimento atual. A análise da amostra de água deste manancial apresentou para turbidez 14,1 NTU o que o classifica como classe 1, sendo recomendado ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado. O tratamento simplificado consiste em clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário. Além disso, apresentou ausência de *Escherichia coli*, o que confere certa segurança para fins de abastecimento após tratamento.

É importante observar a qualidade dos mananciais de forma a considerar o saneamento ambiental como um todo. Nazaré, como muitas comunidades ribeirinhas da região, não possui serviço de coleta e disposição de resíduos sólidos e nem coleta e tratamento de esgoto. A maioria da população queima seu lixo em valas e dispõe seu esgoto em fossas negras.

5.2.2. Captação de água e estação elevatória

Segundo Tsutiya (2005), a captação de água de superfície para abastecimento público é um conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada a um sistema de abastecimento. As obras de captação devem ser projetadas e construídas de modo a: i) funcionar ininterruptamente em qualquer época do ano; ii) permitir a retirada de água para o sistema de abastecimento em quantidade suficiente ao abastecimento e com a melhor qualidade possível; iii) facilitar o acesso para a operação e manutenção do sistema

Essas captações, por se tratarem geralmente de estruturas construídas junto ou dentro da água, sua ampliação é, por vezes, muito onerosa. Por isso, recomenda-se a construção das partes mais difíceis em uma única etapa de execução, mesmo que isto acarrete maior custo inicial.

Neste contexto, o sistema de captação de água atual da comunidade de Nazaré é bastante simples e a água é captada do igarapé Peixe-Boi. A tomada de água é realizada por uma bomba submersa fixada em plataforma flutuante ancorada como observada na Figura 23. Como o nível de água varia bastante ao longo do ano (15m aproximadamente) optou-se pelo uso de mangueiras que com sua flexibilidade permitem a mobilidade do conjunto elevatório. A bomba está localizada a dois metros da margem do rio.



a) Bomba submersa fixada a plataforma flutuante



b) Distância entre a bomba e a margem do igarapé

Figura 23 – Captação de Água e Estação Elevatória.

As mangueiras ligam a bomba até a margem e a partir de então a água é levada por tubos de PVC de 50mm (Figuras 24) até o reservatório a uma altura de aproximadamente 30 m em relação ao nível do rio.



a) Tubulação de PVC de 50mm



b) Tubulação de entrada do reservatório

Figura 24 – Tubulação de recalque do sistema elevatório.

Contrariando o recomendado por Tsutiya (2005), o sistema de captação de água apresenta paralizações frequentes (cerca de quatro vezes por semana por volta de 30 minutos a uma hora), devido às falhas de fornecimento de energia pelo gerador central da comunidade.

Além disso, observou-se uma significativa dificuldade de se movimentar a bomba para manutenção, ou simples verificação das condições do equipamento. O comunitário responsável pelos cuidados com a bomba relatou que é muito pesada e está ancorada. Por isso, não foi possível verificar as características da bomba para fins deste diagnóstico.

Observou-se que a estação elevatória possui alguns componentes como válvulas de bloqueio. Contudo, a maioria dos componentes estava em péssimas condições. Em alguns casos, diante de um equipamento danificado, a população improvisou consertos de forma a manter o componente funcionando. As Figuras 25 a 27 ilustram o contexto apresentado.



a) Válvula instalada no recalque



b) Válvula de saída do reservatório

Figura 25 – Válvulas de bloqueio.



a) Escada de acesso ao reservatório



b) Válvulas e tubulação de saída do reservatório

Figura 26 – Características do reservatório.



a) Circuitos elétricos da casa de bombas



b) Casa de bombas

Figura 27 – Características da casa de bombas.

5.2.3. Estação de tratamento de água – ETA

O filtro comunitário, parecido à tecnologia de filtração em múltiplas etapas – FiME, é constituído por três tanques: o primeiro com capacidade de 1000L contendo brita para redução grosseira da turbidez que se assemelha a um pré-filtro dinâmico; o segundo, um filtro lento, com capacidade de 500L contendo areia e malhas semelhantes às telas de estufa; e o terceiro com capacidade de 1000L como reservatório de água filtrada, como indicado na Figura 28 e 29.

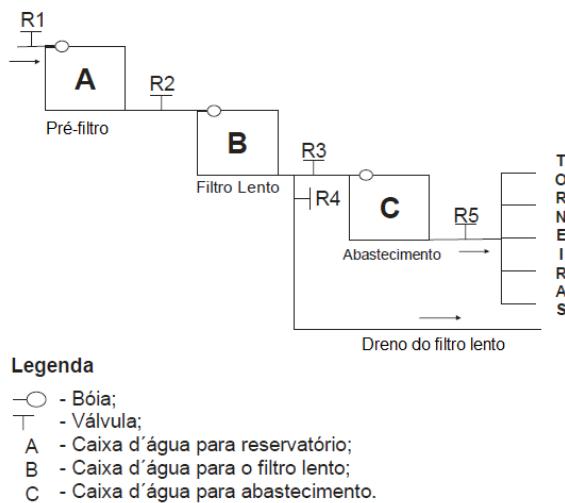


Figura 28 – Esquema ilustrativo do filtro lento (adaptado de ENGELBRECHT e CANDIDO, 2007).

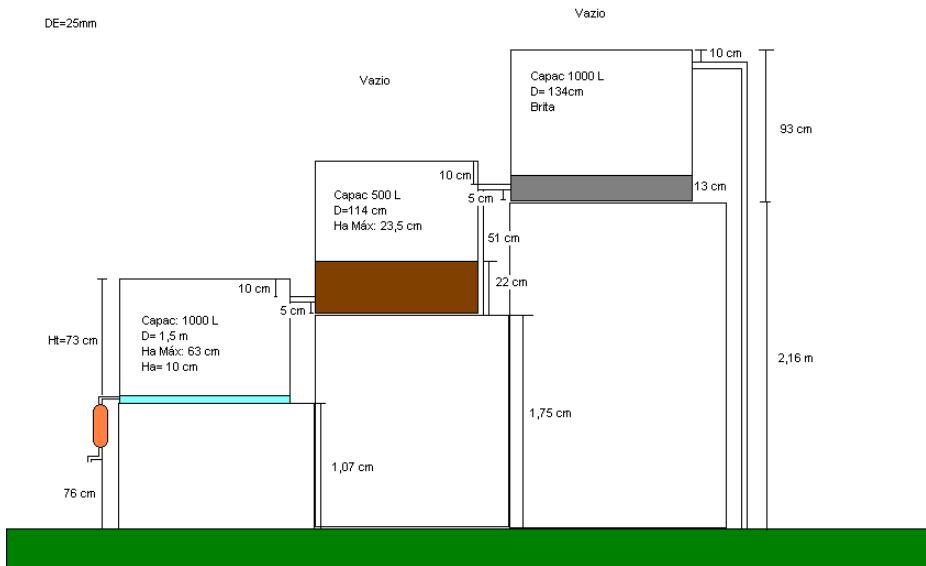


Figura 29 – Esquema ilustrativo do filtro comunitário.

O “pré-filtro dinâmico” e o “filtro lento” se encontravam secos indicando manutenção inadequada como evidenciado nas Figuras 31. O mecanismo de remoção de impurezas e matéria orgânica do filtro lento consiste na retenção física na meio filtrante de areia e na degradação da matéria orgânica pelo filme de microrganismos que se forma na superfície do meio filtrante. Destaca-se que estes filtros não podem ficar secos porque isto gera a morte da comunidade biológica responsável pelo tratamento da água.

A queda de energia por falhas no gerador central é comum na comunidade, o que ocasiona intermitências frequentes no funcionamento do sistema de abastecimento. Além disso, no reservatório que possuía a água “filtrada” foram encontrados anfíbios (sapos) conforme Figura 31.



Figura 30 – Características do filtro comunitário – tratamento da água.

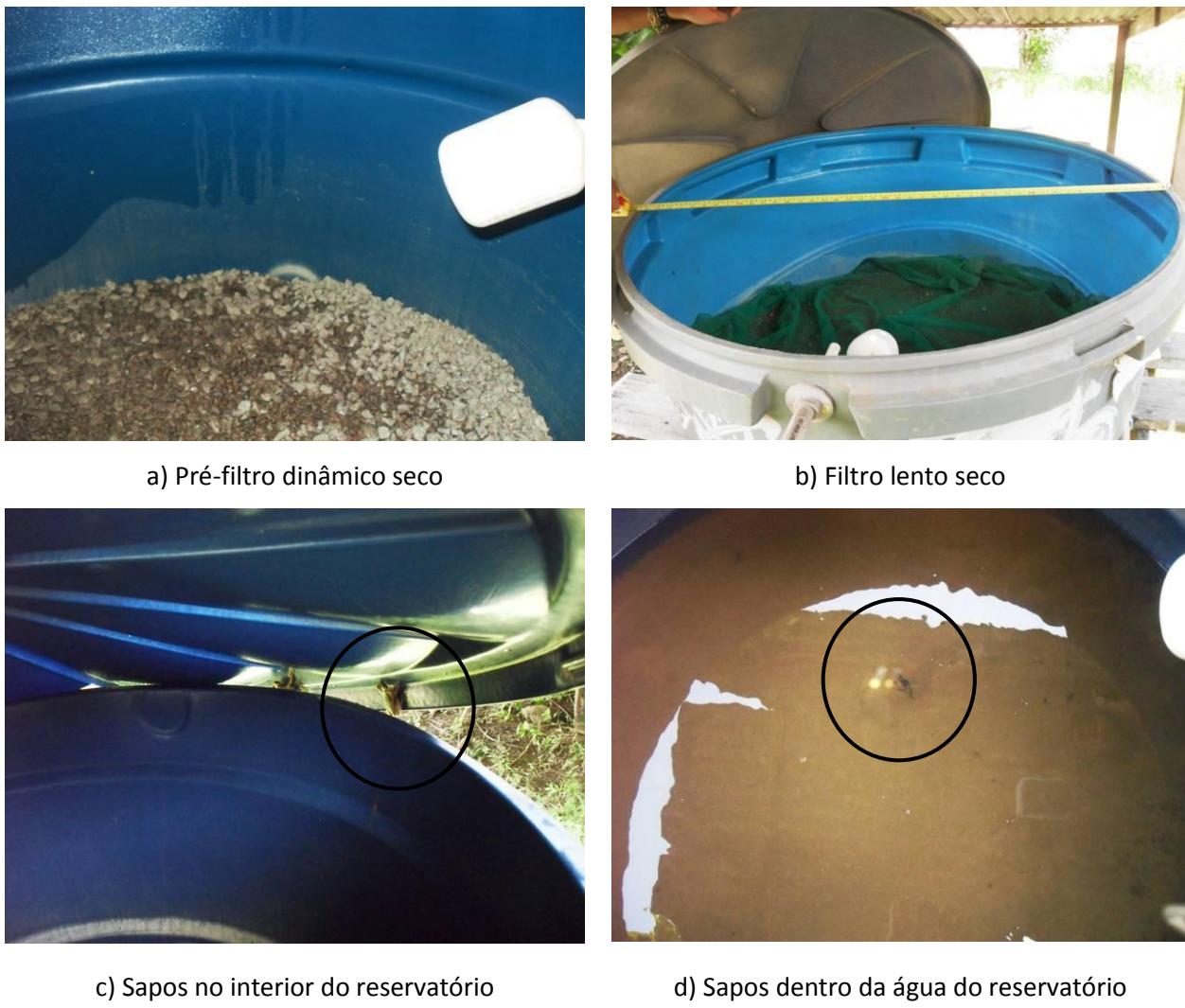


Figura 31 – Características do pré-filtro e filtro lento.

A última etapa do tratamento é a de adsorção na câmara de carvão de ouriço de castanha (Figura 32) que segundo CRUZ JUNIOR (2010) apresentava viabilidade técnica e econômica como alternativa ao carvão ativado comercial.

Ao sair do reservatório, a água filtrada passava para a câmara improvisada com uma garrafa PET que possuía uma torneira para saída de água para os consumidores. Apesar de ser uma alternativa interessante, notou-se que ainda são necessários estudos e ajustes para implantação correta da tecnologia, considerando sua vida útil, manutenção, preparação

adequada da câmara e do carvão. A câmara estava com muito lodo e a garrafa PET estava com rachaduras.



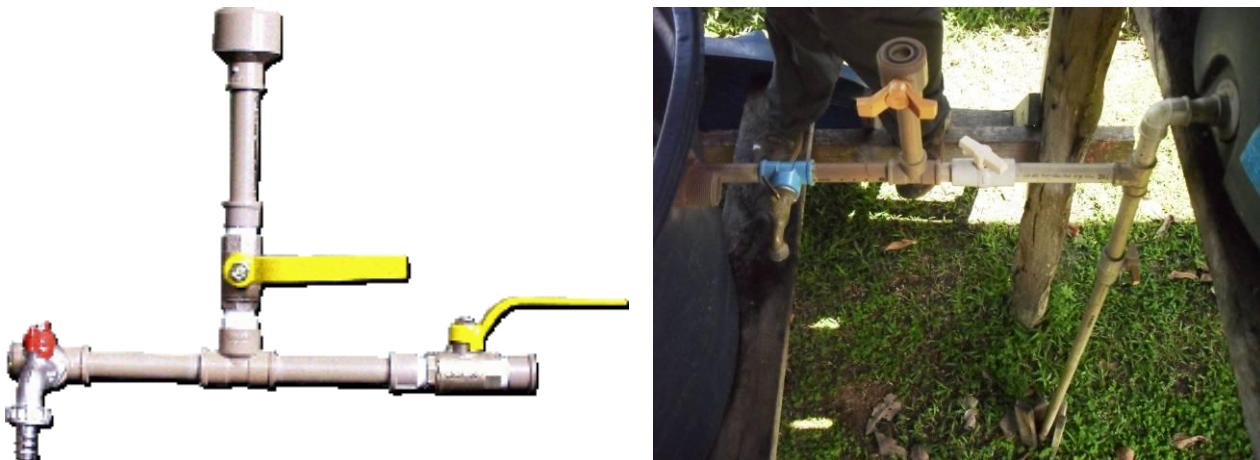
Figura 32 – Câmara de adsorção de carvão de ouriço de castanha.

Entre o reservatório de água filtrada e o filtro lento se encontrava um clorador modelo similar ao da EMBRAPA, sem bucha de redução e não era utilizado pela população. Alguns relatos diziam que não sabiam a dosagem de cloro que eles deveriam colocar, uma vez que era um reservatório de 500L, assim, seriam necessários muitos frascos de 50mL de hipoclorito de sódio de 2,5% de teor de cloro ativo (desinfetante distribuído pelas autoridades locais), conforme Figura 33.



Figura 33 – Frascos de hipoclorito de sódio distribuídos pelas autoridades locais.

Isso mostra que as instruções de como se utilizar o clorador não foram bem assimiladas, já que se usa o cloro granulado 60% ativo em volumes até 1000L de acordo com a apostila da Embrapa. Além disso, esse tipo de clorador é para desinfecção em batelada e não contínuo (como acontecia no tratamento). A equipe do NAPRA teve dificuldade de medir a vazão do filtro comunitário porque era variável a vazão de entrada e de saída. Para a desinfecção foi sugerido que os usuários clorassem a água retirada do filtro, facilitando a dosagem, por ser menor o volume. A Figura 34 apresenta detalhes do “clorador” utilizado na água filtrada.



a) Clorador EMBRAPA

b) Clorador Embrapa adotado no filtro comunitário em Nazaré

Figura 34 – Desinfecção no filtro comunitário.

Por fim, é importante ressaltar que não existe uma rede de distribuição pós-tratamento do filtro comunitário.

As equipes do NAPRA de 2010 e a de 2011 observaram que o filtro não foi efetivamente apropriado pela comunidade, que sem manutenção se tornou obsoleto. Anualmente o NAPRA realiza a manutenção acreditando ser uma medida paliativa até que o sistema de abastecimento previsto pelo projeto da Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia - CAERD assegure água de qualidade para consumo. A partir das análises realizadas, segundo Tabela 3, é possível afirmar que o filtro não é eficiente em nenhum dos parâmetros analisados, pois apresenta presença de $6,1 \times 10^5$ NMP/100mL de Coliformes Totais 7,0 NMP/100mL de *Escherichia coli* quando deveria apresentar ausência em 100ml segundo Portaria 2914 (2011).

Mesmo considerando a remoção de turbidez, conclui-se que o filtro lento não atinge o mínimo recomendável pela Portaria 2914/2011, visto que mantem valores superiores a 1,0 NTU em ambas as condições de análises (agitando ou não), segundo Tabela 3.

A dosagem de cloro era responsabilidade dos usuários, o que não garantia sua efetividade. Observou-se a falta de um responsável pela dosagem de cloro no tanque do filtro comunitário, e ainda a falta de algum dispositivo para a medição da vazão, visto que a bomba que enche o pré-filtro funciona de forma intermitente.

De modo geral, pode-se afirmar que o filtro comunitário não teve um resultado satisfatório muito devido à falta de gestão desta tecnologia que a mantivesse tecnicamente adequada e operando e ainda que mobilizasse a população no processo de transferência e apropriação da tecnologia.

5.2.4. Distribuição de água

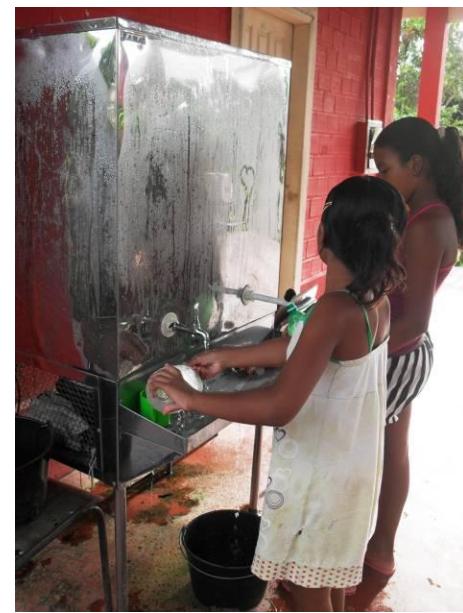
A rede de distribuição atual é abastecida pelo reservatório central de 30 mil litros. De acordo com relatos da comunidade, como o restante do sistema de abastecimento, a rede é simples, muito provavelmente do tipo ramificado. Observou-se que a maioria das moradias que estão próximas ao eixo da calçada central tem acesso a rede, mas a parcela da população que mora mais afastada conta com outras formas de abastecimento.

Em relação ao consumo, relatos da população indicam que uma caixa de 1000L é suficiente para atender a demanda por uma semana, incluindo as atividades de lavar, cozinhar, tomar banho para dois usuários, ou seja, estabelecendo um consumo aproximado de 70 L/hab.dia.

É comum na comunidade mulheres e crianças serem os encarregados por buscar água em outras fontes. Normalmente, utilizam um carrinho de mão para encher garrafas PET sendo a fonte mais procurada o poço da Escola Municipal (Figura 35) – manancial subterrâneo. Relatos da comunidade afirmam que são necessárias duas garrafas PET de água por dia para bebida, incluindo o preparo de alimentos, o que indica um consumo de aproximadamente 4,0L/hab.dia.



a) Coleta de água na escola municipal



b) Bebedouro da escola municipal



c) Coleta de água na escola municipal

Figura 35 – Outras fontes de abastecimento.

5.2.5. Outras alternativas de abastecimento de água e de tratamento de água

Diante da baixa qualidade da água distribuída, percebeu-se o desenvolvimento pela comunidade de alternativas para o abastecimento e tratamento de água.

A alternativa de abastecimento mais amplamente utilizada é a captação por estação elevatória particular, na qual é adotada uma bomba que eleva água de igarapés até caixas d'água particulares. Normalmente, a água é transportada por mangueiras até os reservatórios, podendo nesse trajeto ser dividida com um vizinho. A água é utilizada para quase todas as atividades domésticas como lavar roupa, tomar banho e cozinhar, porém muitas pessoas relataram não beber a água que é captada diretamente do igarapé por estar visivelmente suja (elevada turbidez), preferindo buscar a água do poço disponível na Escola Municipal.

Principalmente as mulheres alegam que a coloração da água também é fator importante para a lavagem de roupa. Para evitar que as roupas fiquem encardidas, elas preferem utilizar sulfato de alumínio para clarificar a água. Dizem que adicionam uma colher de sopa do pó a um balde de aproximadamente 20L, esperam por 30 min e utilizam a água. Apesar de serem aconselhadas a não utilizar este tratamento químico pela equipe do NAPRA, dizem que não encontram outra forma prática de resolver a questão.

Outra técnica de tratamento presente na comunidade é a desinfecção com hipoclorito de sódio. A Empresa de Assistência Técnica e Rural – EMATER e o Posto de saúde distribuem vidros de hipoclorito de sódio com concentração de 2,5% de cloro ativo (Figura 33). Contudo, a técnica foi pouco apropriada pela população, por atribuir gosto à água. Além disso, essa solução não é indicada para grandes volumes o que a torna inviável para ser utilizada nas caixas d'água domiciliares.

Uma possível solução que tem surgido com mais frequência nas casas da comunidade é o filtro individual de barro (Figura 36). Relatos contam que foram distribuídos alguns exemplares para alguns comunitários, não atingindo a maioria da população. Acredita-se que a vida útil da vela seja reduzida pela elevada turbidez da água.



Figura 36 – Filtro de barro utilizado pela população

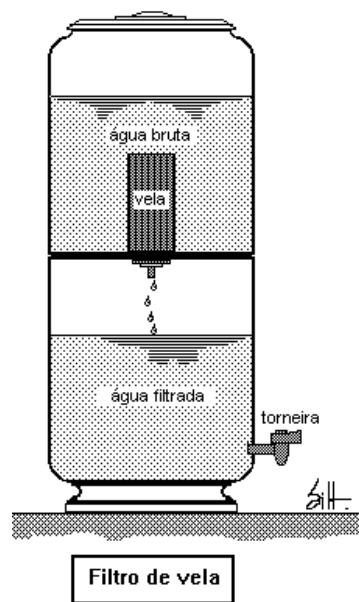


Figura 37 - Filtro de barro utilizado pela população. Adaptado de Filho (2012).

Verificou-se que a parcela da população com maior poder aquisitivo compram água mineral engarrafada trazida de Porto Velho pelos comerciantes da comunidade e vendida por aproximadamente R\$ 7,0 (garrafão de 20 L – preço de março de 2012). Há relatos que afirmam que uma garrafa de 20L é consumida em aproximadamente cinco dias por duas pessoas, somente para beber. Ou seja, indica um consumo de 2L/hab.dia.

5.2.6. Participação do governo local no abastecimento de água

A questão da falta de água potável em Nazaré/RO é conhecida pelas autoridades públicas. Na atuação de 2011 do NAPRA, formou-se um grupo chamado “Comissão do Saneamento” que se responsabilizou por cobrar dos órgãos competentes a implantação de um sistema de abastecimento. Esse grupo é formado de comunitários engajados com a problemática e líderes comunitários como o presidente da Associação de Moradores e Produtores Amigos de Nazaré - AMPAN. Muitos comunitários que são funcionários públicos preferiram não participar pelo conflito de interesses. O Administrador Local afirmou que projeto está para ser realizado pela CAERD.

Nazaré é uma comunidade muito atrativa culturalmente devido aos festejos que são organizados anualmente pela comunidade. A Festa da Melancia é um exemplo de evento realizado na comunidade que atrai o público de todo o Estado, sendo um espaço oportuno de divulgação e contato com figuras políticas.

O Instituto Minhas Raízes é uma organização recente na comunidade que surgiu com a proposta de valorizar a cultura da Amazônia e promover a conservação da floresta através de atividades educativas, construção de instrumentos musicais com materiais colhidos da floresta e fomento do turismo cultural com eventos. Apesar da questão do abastecimento de água em Nazaré não ser o foco dessa instituição, trata-se de uma manifestação legítima da comunidade em *prol* da educação, o que está muito relacionado com transferência de tecnologias de técnicas em saneamento.

Foi observado que a EMATER é um órgão participativo na promoção de soluções técnicas para o tratamento de água e distribuição de materiais. Contudo, tem dificuldades em mobilizar e engajar a população para atividades que visem à discussão dessa problemática.

5.3 Critérios de escolha de tecnologias viáveis de aplicação

Pela precariedade do sistema de abastecimento evidenciada pelo diagnóstico acima discutido, foram elencadas alternativas para melhoria do atual cenário. Para tanto, tomou-se cuidado com os seguintes aspectos para que as proposições não falhassem em pontos anteriormente observados como entraves para aplicação das tecnologias:

5.3.1. Alternativa individual:

Pelo histórico observado de tentativas mal sucedidas foi traçado um perfil de tecnologias que provavelmente não se efetivariam na comunidade. Os aspectos que influenciariam na aceitação da tecnologia pela comunidade são:

- Alteração das propriedades da água como odor, sabor, cor;
- Nível de conhecimento técnico para construção, manutenção e operação do sistema;
- Nível de dificuldade para construção, manutenção e operação do sistema (em termos de trabalho físico);

- Grau de mobilização de pessoas necessária para construção, manutenção e operação do sistema;
- Grau de disponibilidade de recursos para construção das tecnologias;
- Envolvimento dos comunitários para construção, manutenção e operação do sistema.

Observou-se que para que a tecnologia escolhida seja apropriada pela comunidade é importante que se leve em consideração esses aspectos de modo a ser a opção mais simples e que traga resultados satisfatórios a curto e médio prazo.

Pela vivência com a comunidade é possível afirmar que a população não enxerga a questão da falta de abastecimento de água tratada como dever a ser cumprido pelos próprios comunitários e sim como direito a ser provido pelo governo. Assim, são apontados alguns critérios de escolha de tecnologia para abastecimento coletivo.

5.3.2. Alternativa coletiva:

Como não foi possível ter acesso a dados hidrogeológicos e considerando que as características da comunidade, foi proposta alternativa que levasse em conta aspectos como:

- Classificação dos mananciais e tipos de tratamento recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005;
- Tipos de tratamentos de baixo custo;
- Tipo de rede de distribuição que acompanhasse o desenho de distribuição da população pelo território;
- Sistema de simples construção, manutenção e operação;
- Fonte de captação de melhor qualidade de acordo com as análises realizadas.

Como alternativa coletiva, foram levantados como importantes os critérios acima listados, bem como a consideração desta opção como projeto para atendimento a longo prazo a ser realizado pela companhia de saneamento responsável.

5.4 Possíveis alternativas tecnológicas

5.4.1. Alternativa comunitária – projeto básico

O sistema de abastecimento de água proposto para a comunidade é constituído por captação subterrânea, tanque de contato para desinfecção, sistema elevatório, reservatório elevado para fornecer água e rede de distribuição do tipo ramificado, segundo Figuras 38 e 39.

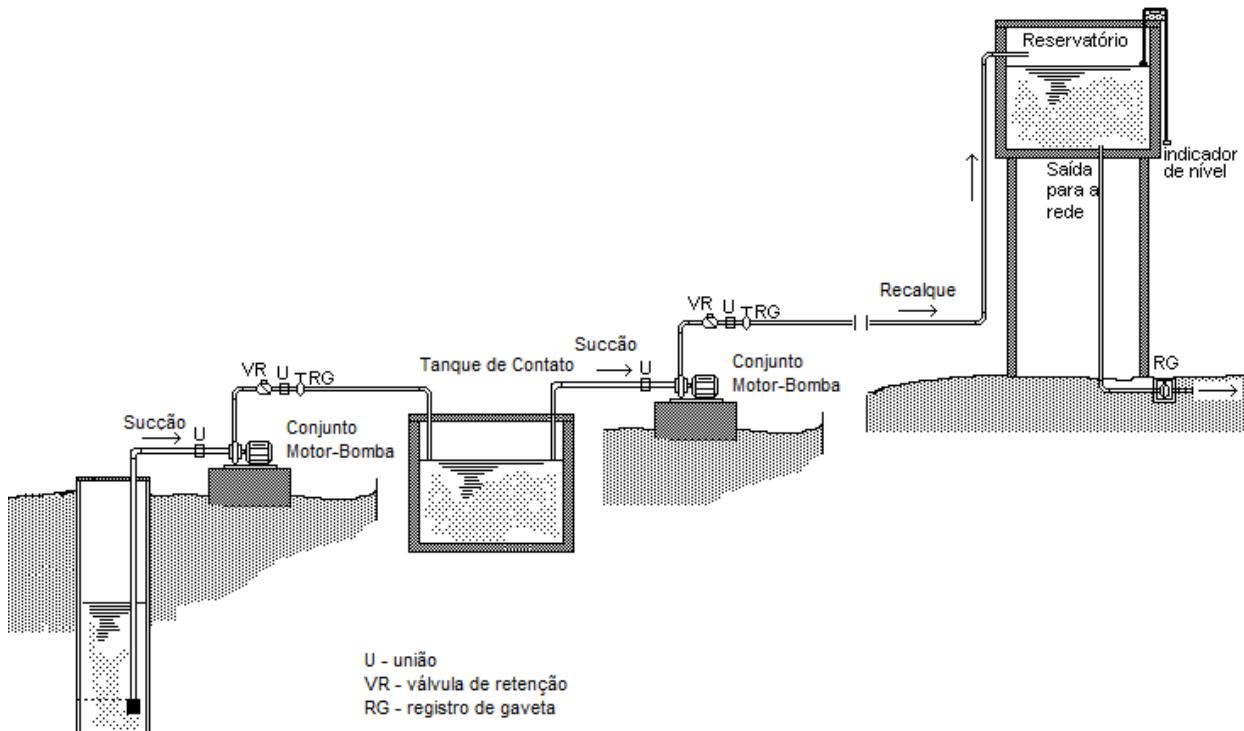


Figura 38 – Esquema em corte perfil da captação e elevação de água subterrânea. Adaptado de Filho (2012).

A captação subterrânea foi selecionada em função da melhor qualidade da água registrada na Tabela 3. A rede de distribuição foi dimensionada de acordo com dados fornecidos por CAERD. Destaca-se que não houve acesso a dados hidrogeológicos, assim, não é possível a aplicação do dimensionamento realizado. Os critérios de projeto estão resumidos na Tabela 4.

Tabela 4. Critérios de projeto do sistema de abastecimento de água proposto

Parâmetro de projeto	Valor adotado
Coeficiente do dia de maior consumo – K_1	1,2
Coeficiente do dia e hora de maior consumo – K_2	1,5
Consumo per capita (L/hab.dia)	150
Período de projeto (anos)	20
Método para previsão populacional	Geométrico
Consumos especiais	Desconsiderados
Consumo de água no tratamento	Desconsiderados
Horas de funcionamento do sistema (horas/dia)	24
Coeficiente C de Hazen Williams da tubulação de PVC	150

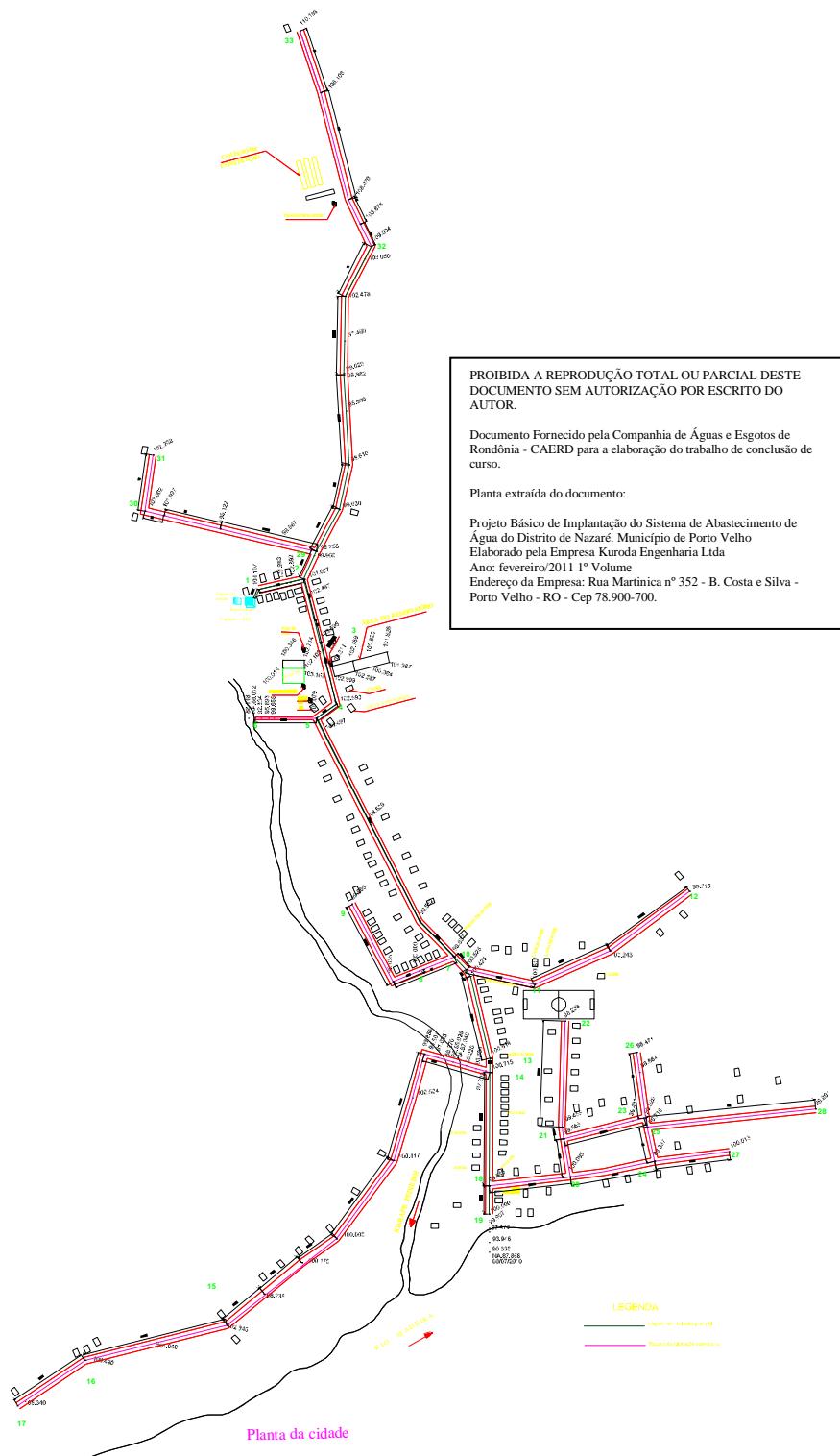


Figura 39 – Planta da Comunidade Ribeirinha (Planta Fornecida pela CAERD) – Planta em A1 em Anexo

Segundo Di Bernardo e Sabogal Paz (2008), o período de projeto varia de 10 a 30 anos, portanto adotou-se a média de 20 anos. Com esse dado, foi possível realizar a projeção de população tendo como base o método geométrico e a taxa de crescimento (K_g) de 2,09% por ano para a região norte (IBGE, 2010). Não foi possível a aplicação do método aritmético já que não há um histórico de populações.

Assim, conforme a Equação 1 a seguir foi obtido o número de 912 habitantes (P_t) para o ano de $t = 2032$, considerando que atualmente (t_0) a comunidade possui cerca de 600 habitantes (P_0).

$$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)} \quad \text{Equação 1}$$

Segundo Gomes (2004), a estimativa dos consumos domésticos é como disposto na tabela 5.

Tabela 5 – Estimativa dos consumos domésticos (Gomes, 2006)

Uso doméstico	L/hab.d
Bebida e cozinha	10 a 20
Lavagem de roupa	10 a 20
Banho e lavagens de mãos	25 a 55
Instalações sanitárias	15 a 25
Outros usos	15 a 30
Perdas e desperdícios	25 a 50
Total	100 a 200

De acordo com FUNASA (2004), o consumo per capita de uma população de até 6.000 habitantes é entre 100 e 150L/hab.dia.

Apesar de relatos indicarem o consumo doméstico de 70L/hab.dia, a estimativa deve aumentar quando se trata de uma família com mais pessoas. Ainda é provável o aumento de consumo devido ao acesso facilitado e a falta de medição e tarifa. E por fim, segundo dados do SNIS (2009), as perdas de água chegam a 80% no município de Porto Velho. Por isso, foi adotado o consumo médio de 150L/hab.dia.

Consumos especiais foram desconsiderados por falta de dados precisos de quantidade de pessoas que utilizariam esse serviço em Escolas e Postos de Saúde, por exemplo. Ademais, foi desconsiderado o consumo de água no tratamento por adotar a técnica de simples desinfecção.

O coeficiente do dia de maior consumo (K_1) e coeficiente do dia e hora de maior consumo (K_2) foram adotados respectivamente como 1,2 e 1,5 de acordo com Orsini (1996). O coeficiente C de Hazen Williams da tubulação de PVC foi considerado 150 de acordo com Porto (2006) e as perdas de carga localizadas foram desconsideradas.

Foi considerado que todos os trechos possuem consumidores e que, portanto, apresentam vazão de distribuição em marcha; e que o sistema funcionará 24h por dia.

Para o cálculo do dimensionamento da rede foi utilizado o roteiro distribuído e utilizado na disciplina “SHS-0323 - Sistemas de Abastecimento e Tratamento de Água”.

ROTEIRO DE CÁLCULO - REDE RAMIFICADA

Passo 1: Numerar os trechos de montante para jusante, no sentido do escoamento, iniciando pelo mais afastado.

Passo 2: Determinar o comprimento de cada trecho (L_t)

Passo 3: Calcular a “vazão específica de distribuição em marcha” - q_m de acordo com a Equação 2 a seguir. O valor é constante para todos os trechos da rede e igual a:

$$q_m = \frac{K_1 K_2 P q}{86.400 L} \quad \text{Equação 2}$$

q_m = vazão específica de distribuição em marcha, $L/s.m$

L = extensão total da rede com distribuição em marcha (m)

Passo 4: Determinar a vazão de jusante (Q_j)

Na extremidade de um ramal (ponta seca): $Q_j = 0$.

Na extremidade de jusante de um trecho qualquer: $Q_j = q_m \times \sum L_{\text{trechos jusante}}$

Passo 5: calcular a vazão de montante do trecho conforme Equação 3:

$$Q_m = Q_j + q_m \cdot Lt$$

Equação 3

q_m = vazão de distribuição em marcha, L/s.m

Lt = extensão do trecho, m

Passo 6: calcular a vazão fictícia (Q_f) de acordo com Equação 4 e 5:

$$Q_f = (Q_m + Q_j) / 2 \rightarrow \text{Se } Q_j \neq 0$$

Equação 4

$$Q_f = Q_m / \sqrt{3} \rightarrow \text{Se } Q_j = 0 \text{ (ponta seca)}$$

Equação 5

Passo 7: Determinar o diâmetro – D com a vazão fictícia onde existir (em trechos sem vazão fictícia, determinar D com a vazão de montante do trecho), obedecendo aos limites da Tabela 6.

Tabela 6 – Critérios para escolha de diâmetro das tubulações da rede de distribuição

D N (mm)	$V_{máx}$ (m/s)	$Q_{máx}$ (L/s)
50	0,50	1,0
75	0,50	2,2
100	0,60	4,7
150	0,80	14,1
200	0,90	28,3
250	1,10	53,9
300	1,20	84,8
350	1,30	125,0
400	1,40	176,0
450	1,50	238,0
500	1,60	314,0
550	1,70	403,0
600	1,80	509,0

Passo 8: Calcular a perda de carga unitária – J (m/m), determinada para D e Q_f → usar a Fórmula universal ou de Hazen Williams (Equação 6).

Equação de Hazen Williams

$$J = 10,65Q^{1,85} C^{-1,85} D^{-4,87}$$

Equação 6

J = perda de carga unitária, m/m

Q = vazão, m^3/s

D = diâmetro, m

C = coeficiente de rugosidade

Passo 9: Calcular a perda de carga total no trecho conforme Equação 7:

$$\Delta H = J \cdot L$$

Equação 7

Passo 10: Estabelecer as cotas topográficas do terreno (Z) relativas aos “nós” de montante e jusante do trecho.

Passo 11: Calcular as cotas piezométrica (CP) de montante e jusante a partir do NA_{min} no reservatório. Denomina-se esse ponto conhecido de “X”, a partir dele, todas as cotas piezométricas podem ser determinadas em função dos valores de perda de carga no trecho.

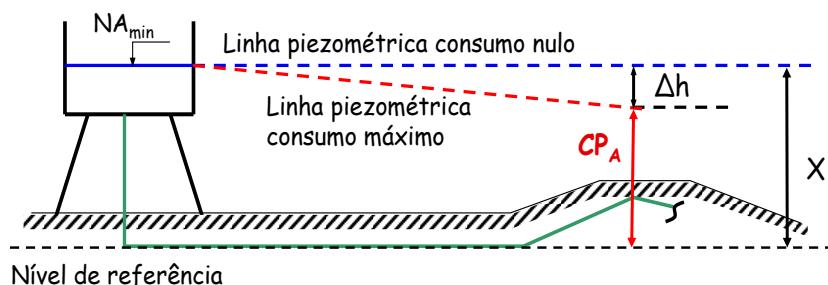


Figura 40 – Esquema didático sobre linhas piezométricas

$$CP_A = X - \Delta h$$

Equação 8

X = cota do reservatório elevado (m)

Δh = perda de carga do reservatório até A (m)

Passo 12: Calcular as pressões disponíveis em cada “nó” em função de “X”.

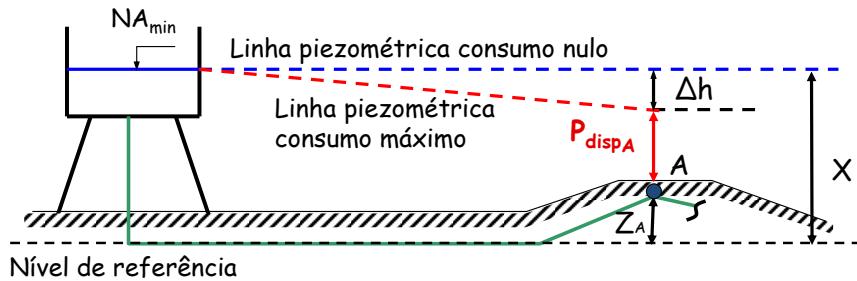


Figura 41 – Esquema didático sobre pressões disponíveis em cada nó da rede de distribuição de água
A pressão disponível no “nó” A é:

$$P_{disp A} = X - Z_A - \Delta h = CP - Z_A$$

Equação 9

X = cota do reservatório elevado (m)

Z_A = cota topográfica do ponto A (m)

$P_{disp A}$ = pressão dinâmica disponível em A (mca)

Δh = perda de carga do reservatório até A (m)

Para o ponto mais desfavorável (mais alto e/ou mais afastado do reservatório) a pressão dinâmica mínima deve ser de 10 mca (NBR 12218/94).

Importante: se o “nó” A é o mais desfavorável $\rightarrow P_{disp A} = 10$ mca \rightarrow a partir desse ponto o problema fica resolvido.

Recomenda-se utilizar uma planilha de cálculo para auxiliar o dimensionamento.

Ao seguir as instruções do roteiro, construiu-se uma planilha com os cálculos que trouxeram como o ponto mais crítico o nomeado como 33 e a cota mínima do nível de água no reservatório como 119,89 m. As velocidades nas tubulações foram baixas porque foram adotados os diâmetros mínimos exigidos pela NBR 12218/94.

Além disso, foi adotada a rede ramificada porque a distribuição da população era linear não permitindo a aplicação de outro traçado. Pelo fato da rede ser extremamente extensa o reservatório ficou bastante elevado. Uma alternativa para que este tanque não seja muito alto, seria a divisão da rede em duas partes com dois reservatórios. Nesse caso, seria importante a verificação da viabilidade econômica.

Para o dimensionamento do tanque de contato, foram considerando novamente o coeficiente do dia de maior consumo (K_1) de 1,2; a população de 912 habitantes no ano de 2032 e o consumo per capita de 150L/hab.dia. Assim foi encontrada a vazão do dia de maior consumo - VDMC (L/s) de 1,9 L/s pela Equação 10 a seguir:

$$VDMC = \frac{K_1 \times P \times q}{86400} \quad \text{Equação 10}$$

Considerando a Equação 11:
$$Q = \frac{V}{t}$$

Equação 11

E a temperatura de 25°C e pH de 8 aproximado aos resultados das análises realizadas, temos pela Portaria 2914 (2011) o tempo mínimo de contato de 21 minutos e cloro residual menor ou igual a 0,4 mg/L, o que está de acordo com o mínimo requerido é 0,2 mg/L pela mesma portaria.

Assim foi encontrado o volume de 2,39 m³, sendo adotado 2,5 m³ para o tanque de contato com dimensões de 1,6 x 1,6 x 1 m. É recomendado construção de um poço de sucção para não alterar o dimensionamento do tanque e o nível d'água mínimo.

Para o dimensionamento do reservatório, foram considerando novamente o coeficiente do dia de maior consumo (K_1) de 1,2; a população de 912 habitantes no ano de 2032 e o consumo per capita de 150L/hab.dia. Assim foi encontrada a vazão do dia de maior consumo - VDMC (L/s) de 1,9 L/s pela mesma equação anteriormente citada.

A partir da VDMC foi transformada em vazão do dia de maior consumo diária resultando em 164,16 m³. De acordo com Tsuttyia (2005), o volume útil do reservatório pode ser calculado seguindo a Equação 12:

$$V_{u} = \frac{V}{3} \times 1,25 \quad \text{Equação 12}$$

Considerando a margem de 25% a mais em casos de emergência (falhas no sistema elétrico) e incêndios. O volume útil calculado foi de 68,4 m³ atribuindo as dimensões aproximadas de 5 x 4 x 4 m.

As planilhas de cálculo em Excel estão em anexo.

5.2.2. Alternativa individual – Recomendações

Alternativas individuais para o sistema de abastecimento de água são propostas a seguir sempre visando tecnologias de fácil construção e operação, coerentes com a realidade da comunidade.

5.2.2.1 Filtro de barro

Recentemente, é sabido que filtros de barro foram distribuídos na comunidade. A tecnologia além de ser eficaz, é simples e disponível como observado. A única ressalva técnica seria quanto à alta turbidez observada nas análises realizadas, o que reduziria muito a vida útil da vela. Para isso, seria recomendada a sedimentação dos sólidos, deixando a água repousar em um recipiente por cerca de três horas no mínimo.

Outra preocupação seria em como transferir culturalmente essa tecnologia à rotina dos comunitários. Até 2011, os filtros de barro não eram presentes na localidade e, portanto podem encarados como desnecessários e serem subutilizados.

5.2.2.2 Desinfecção domiciliar

Apesar de ser um tratamento já difundido na comunidade, houve certa dificuldade em ser assimilada pela população principalmente por causa do gosto atribuído à água.

Alguns relatos indicaram equívocos com relação à dosagem do hipoclorito de sódio líquido de 2,5% de cloro ativo, já que estava sendo aplicado para grandes volumes, enquanto deveria ser aplicado para pequenos volumes. Relatos também indicaram desconforto com a impraticidade do tratamento pela demora em surtir efeito e pela dosagem, já que seriam necessários muitos vidros de hipoclorito de sódio para desinfetar grandes volumes.

Contudo, mesmo existindo resistência ao gosto, há a possibilidade do tratamento ser utilizado para outros tipos de consumo como banho, lavagens de mãos e alimentos, escovar os dentes, já que também são atividades que expõe o ser humano à contaminação.

Alguns ajustes devem ser feitos para que o tratamento seja efetivo. A correta orientação para realização da dosagem e a utilização da concentração correta de hipoclorito alivia muitas dificuldades até então tidas. O clorador da Embrapa aplicado ao filtro lento comunitário é uma alternativa para a desinfecção em grandes volumes como em caixas d'água. Acompanhando o equipamento existe o manual de procedimento que orientaria em dúvidas frequentes como a dosagem do cloro, que no caso é o granulado de 65% de cloro ativo. Manuais parecidos publicados pela própria Embrapa focam também em problemas de abastecimento de água em realidades semelhantes. Esse material poderia ser mais bem aproveitado pelas instituições multiplicadoras locais.

5.2.2.3 SODIS

De modo complementar a filtração, o SODIS se apresenta como forte candidato ao tratamento individual em Nazaré, pois é uma tecnologia que não atribui gosto à água e não exige manutenção sendo constituída de materiais comuns na comunidade. Além disso, culturalmente a garrafa PET já está bastante incorporada na comunidade e no abastecimento de água, como forma de distribuição.

5.2.2.3 Biofiltros em areia – BFA

Apesar de não ter sido introduzido na comunidade de Nazaré anteriormente, a tecnologia é possível de aplicação como forma de teste para primeiramente verificação de eficácia técnica por análises com amostras de água da localidade. Ainda assim, são necessários estudos mais profundos para se analisar e avaliar a transferência desta tecnologia para a comunidade de Nazaré, considerando seus aspectos sociais, culturais e institucionais para além dos critérios de seleção de tecnologia desenvolvidos neste trabalho.

6. CONCLUSÕES

O sistema de abastecimento de água de Nazaré se apresenta de forma muito precária, sem um órgão presente e responsável pelo serviço de operação e manutenção dos equipamentos. De forma discreta, percebeu-se que, apesar das más condições em que se encontra o sistema, improvisos nas instalações indicaram o conhecimento empírico que alguns comunitários têm e pode ser aproveitado.

Em contrapartida dessas tímidas demonstrações de um perfil técnico e proativo para com os equipamentos, observou-se forte desmotivação e desmobilização comunitária acerca da problemática. Até mesmo no caso da tecnologia de tratamento de água pelo filtro lento comunitário incentivado pelo NAPRA, órgão muito querido pela comunidade, não foi observado a esperada apropriação pelo sistema.

Além disso, percebeu-se a falta de muitos dados e fonte de referências para a realização deste trabalho, o que pode ser um limitante também para a confecção de muitas outras pesquisas relevantes para a comunidade. Informações de ordem técnica seriam igualmente necessárias para, por exemplo, a confecção de um projeto de implantação de um sistema de abastecimento de água na comunidade conforme indicado pela NBR 12211/1992. Sendo assim o projeto realizado neste presente trabalho não é indicado para aplicação. Apesar de ser um projeto que requer conhecimento técnico e teórico, é possível e aconselhável a participação da população na concepção do trabalho, principalmente por aqueles que demonstraram conhecimento empírico e para as instituições multiplicadoras locais.

Não menos importante, as alternativas individuais também são igualmente possíveis e recomendadas para a realidade local. Assim como qualquer tecnologia, necessitam um maior número de pesquisas que embasem sua funcionalidade e aplicabilidade. Observou-se que para esse tipo de tecnologia seja efetiva, é necessário principalmente o contato com a comunidade para desenvolver metodologias que visem à apropriação do sistema além da realização de estudos que visem ajustes das tecnologias à realidade aplicada.

É interessante citar também que apesar dos estudos em tecnologias para pequenas comunidades estarem cada vez mais numerosos e profundos, ainda são muito mais recorrentes as pesquisas sobre tecnologias que visam o meio urbano com grandes populações. Essas tecnologias apresentam um grau de exigência de recursos muito além daqueles disponíveis em pequenas populações isoladas, sendo este um dos fatores que prejudicam a efetiva transferência de tecnologias.

A orientação é fator tão importante quanto a adequação da tecnologia para a real apropriação do sistema. Ambientes onde a identidade cultural é fortalecida e presente como em pequenas comunidades tendem a apresentar certa resistência em aceitar técnicas diferentes àquelas tidas rotineiramente. Por isso, é preciso tato e sensibilidade para conduzir esse processo de transferência. A sensibilidade também é válida para observar o contexto para além das particularidades técnicas, principalmente para questões políticas que podem interferir no andamento de qualquer projeto.

A falta de incentivo financeiro para investimentos em sistemas de abastecimento de água é nítida não só em Nazaré como em toda região, bem como a falta de planejamento para a implantação de projetos e de integração do saneamento ambiental, considerando também a correta coleta, tratamento e destinação dos resíduos sólidos e esgoto.

De uma forma geral, observa-se a falta de políticas públicas e projetos que incentivem o desenvolvimento das comunidades através de realizações que façam com que a qualidade da água distribuída deva cumprir um padrão ou atingir uma referência, como por exemplo, a construção de escolas, hospitais etc.

Ressalta-se que o projeto proposto é genérico não podendo ser implantado na comunidade de Nazaré sem estudo completo da concepção do sistema conforme indicado pela NBR 12211/1992.

7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12211 – **Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água** (1992)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12218 – **Projeto de rede de distribuição de água para o abastecimento público** (1994)

ARISTIZÁVAL, A. H. A. **Validación de un Modelo de Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua.** Tese de Maestría. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Postgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santiago de Cali, Colombia. 2000.

ARISTIZÁVAL, A. H. A.; GALVIS, C. A. **Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua.** Seminario Taller de Selección de Tecnologías para el Mejoramiento de la Calidad del Agua. Universidad del Valle. IHE. Ministerio de Desarollo de Colombia. Santiado de Cali. Colombia. Octubre.2000.

BOTTO, M. P.; ALVES, F. M. L.; ARAÚJO, C. B. C.; SANTOS, A. B. **Avaliação da tecnologia sodis na desinfecção de água de chuva armazanada em cisterna de placa.** 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2012.

CANDIDO, S. E. A.; ENGELBRECHT, L. **Construção de um sistema de tratamento de água para comunidades ribeirinhas da Amazônia.** 2008.

CASTRO, H. L. **Mananciais utilizados para abastecimento público.** Relatório Técnico. Divisão de Proteção de Recursos Hídricos de Produção. SABESP, 2002.

CAWST (2010). **Biosand Filter Manual. Design, Construction, Installation, Operation And Maintenance.** Cawst Training Manual. Sep. Canadá.

CINARA. Modelo Conceptual Para la Selección de Tecnología en Sistemas de Potabilización de Agua. Proyecto de Selección de Tecnología y Análisis de Costos en Sistemas de Potabilización de Agua, Fase III. Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia. Cali, Colombia. 2001.

COFFEY, K.; REID, G. W. Historic implications for developing countries of developed countries water and wastewater technology. Appropriate methods of treating water and wastewater in developing countries. Ed by GW Reid and Coffey, K. The University of Oklahoma. Bureau of Water and Environmental Resources Research: Oklahoma, pp. 233-322. 1982.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. CAERD oferece água de qualidade para quase 70% da capital. 2012. Disponível em: <<http://www.caerd-ro.com.br/?conteudo=noticiasmostra&cod=223>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RONDÔNIA. Projeto Básico de Implantação do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito de Nazaré - Município de Porto Velho. 1º Volume. Fevereiro, 2011.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Comunidade isoladas exigem um saneamento sob medida. Revista DAE n. 187, ano LIX. Setembro, 2011.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. 2a Ed. Volume 1 e 2. São Paulo/SP, 1976.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.

CRUZ JUNIOR, O.F; Produção de carvão ativado a partir de produtos residuais de espécies nativas da região amazônica. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de

Materiais da Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2010.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL, L. P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** Volumes 1 e 2. Editora LDiBe. São Carlos, São Paulo. 2008.

DUQUE, R. **El análisis de Costo Mínimo en Proyectos de Saneamiento Ambiental.** Revista Heurística. No. 7. Universidad del Valle. Cali, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Clorador de água EMBRAPA:** simples e eficiente. Diponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br/produtos/clorador.pdf>. Acesso em: 01 out. 2012.

FEITOSA, N. B.; FILHO. C. F. M. **Treinamento de curta duração de saneamento rural – (Abastecimento d’água).** Universidade Federal de Campina Grande/PB – Departamento de Engenharia Civil, 1995-2000. Disponível em:
<<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/A0.html?submit=Voltar+ao+%CDndice>>. Acesso em: 07 out. 2012.

FILIPAKI, A.; VIDAL, C. M. S.; SOUZA, J. B.; CAVALLINI, G. S. **Avaliação da desinfecção de água de poço freático empregando o método sodis (solar water disinfection).** 2012.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento.** Brasília. 2004.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações.** 8ª Edição, Editora Thomsom. São Paulo, Brasil. 2002. 598p.

GALVIS, C. G.; LATORRE, J.; VISSCHER, J. T. **Filtración en múltiples etapas - tecnología alternativa para el tratamiento de agua.** Serie documentos técnicos. International Water and Sanitation Centre - IRC e CINARA. 1999.

GARCÍA, M.; GALVIS, G. **Sostenibiliad en proyectos de abastecimiento de agua.** Seminario Taller Selección de Tecnología para el Mejoramiento de la Calidad de Agua. IHE, TUDelf, CINARA, Universidad del Valle. Cali. Colombia. 2000.

GOMES, H. P. **Sistemas de abastecimento de água:** dimensionamento econômico e operação de redes elevatórias. Editora Universitária/UFPB. João Pessoa, 2004. 242 p.

HELLER & PÁDUA. **Abastecimento de Água para Consumo Humano.** Ed. UFMG. Belo Horizonte/MG. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.** 2002. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** 2010.

LLOYD, B.; GALVIS, G.; EUDOVIQUE, R. **Evaluation of Multiple Barrier Drinking Water Treatment Systems for Surface Water Sources.** 20th Caribbean Water Engineers' Conference Held in Grand Cayman, Cayman Islands, British West Indies, December, 1991. Ed by RGB Berwick and Frederick, G. L. Cayman Free Press: Gran Cayman, pp. 103-114.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME. **Cisternas.** Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/acessoaaagua/cisternas>>. Acesso em: 13 ago. 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Portaria MS Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.

MOISES, M.; CYNAMON, D.; CYNAMON, S. **A política federal de saneamento básico e as iniciativas de participação, mobilização, controle social, educação em saúde e ambiental nos programas governamentais de saneamento.** 2007.

NÚCLEO DE APOIO À POPULAÇÃO RIBEIRINHA DA AMAZÔNIA. **Diagnóstico da qualidade de água de Nazaré/RO.** Relatório interno. 2012. Disponível em: <www.napra.org.br>. Acesso em: 02 set. 2012.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS (2005). **Tecnologías para Abastecimiento de Agua em Poblaciones Dispersas.** Lima. Peru.

ORSINI, E.Q. **Sistemas de abastecimento de água.** Apostila da disciplina de PHD 412 – Saneamento II. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 1996.

OTENIO, M. H.; CARVALHO, G. L. O.; SOUZA, A. M.; NEPOMUCENO, R. S. C. **Cloração de águas para propriedades rurais.** Juiz de Fora/MG. Dezembro, 2010.

PORTE, R. M. **Hidráulica Básica.** Ed. EDUSP. São Carlos/SP, 2001.

Notas de aulas da disciplina “SHS-0323 - Sistemas de Abastecimento e Tratamento de Água”.

QUEIROZ, J. T. M.; HELLER, L.; ZHOURI, A. L. M. **Água envasada e a qualidade microbiológica.** 2012.

SILVA, M. J. M.; PATERNIANI, J. E. S.; FRANCISCO, A. R.; ARANTES, C. C.; SILVA, G. K.; **Utilização de coagulante natural de *moringa oleifera* para clarificação e desinfecção de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados e filtração.** 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Distribuição espacial de:** índice de atendimento total de água. 2005. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/Arquivos_SNIS/4_MAPAS/ae/2005/I55/I55_norte.jpg>. Acesso em: 24 jul. 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** 2009.

SOLANO F. C. A.; SABOGAL, L. P.; GALVIS C. A. LATORRE M. J. **El Riesgo Sanitario y la Eficiencia de las Tecnologías en la Selección de Tecnologías para Potabilización del Agua.** Seminario Taller Selección de Tecnologías para el Mejoramiento de la Calidad de agua. Santiago de Cali, Colombia. Octubre, 2000.

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Solar water disinfection:** a guide for the application of sodis. Dübendorf. October, 2002. Disponível em: <http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_e.pdf>. Acesso em: 07 out. 2012.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** EPUSP. 2aEdição. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2004. 643 p.

VIEIRA , J. M. P. **Gestão de Riscos em Água para Consumo Humano.** XI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. 2004. Anais Eletrônicos I-048.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality.** Fourth edition. 2011.

8. ANEXO – PLANTA DA CIDADE E PLANILHAS DE CÁLCULO