

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ANDRÉ LUÍS COELHO AQUINO DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA POTABILIDADE E DO TRATAMENTO DA ÁGUA DISTRIBUÍDA EM
TRÊS CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS, EM SÃO LUÍS - MA**

SÃO LUÍS – MA
2017

ANDRÉ LUÍS COELHO AQUINO DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA POTABILIDADE E DO TRATAMENTO DA ÁGUA DISTRIBUÍDA EM
TRÊS CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS, EM SÃO LUÍS - MA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Estadual do Maranhão como requisito para a
conclusão do curso de Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva
Souza
Coorientador: Prof. Me. Ronaldo Sérgio de
Araújo Coêlho**

SÃO LUÍS – MA

2017

Nascimento, André Luís Coelho Aquino do.

Análise da potabilidade e do tratamento da água distribuída em três condomínios residenciais, em São Luís - MA / André Luís Coelho Aquino do Nascimento. – São Luís, 2017.

72 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza.

1. Análise da água. 2. Potabilidade. 3. Tratamento. I. Título.

CDU 628.1.033(812.1)

*“Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas
com caráter se faz os melhores engenheiros”.*

Autor Desconhecido

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para conseguir superar todos os obstáculos e chegar até aqui.

A minha família, em especial aos pais, Marluce Almeida e Fábio Aquino, por todo amor e apoio incondicional em todos esses anos, sempre se esforçando para garantir os meus estudos. A minha avó que sempre cuidou de mim desde o nascimento e cuida até hoje no céu. Ao meu avô Silveira, a minha irmã Ana Beatriz, ao meu Tio Mariton, Tia Simone, Tia Cristiane e aos meus primos José Victor e Rafael Victor, amo todos vocês.

A minha namorada, Luciana Bringel, por todo amor, carinho, paciência, apoio e incentivo aos estudos desde o ensino médio, compartilhando momentos de tristeza e alegria ao longo dos anos.

Aos amigos da Cohab que levo comigo desde o nascimento, que inúmeras vezes tive que faltar ao futebol por ter que estudar, aos amigos do Upaon-Açú, sempre me apoiando e incentivando a entrar no curso que tanto queria, aos amigos da UEMA, em especial ao grupo "Diretoria", que ao longo destes 5 anos estiveram ao meu lado. Todos vocês são verdadeiros irmãos que levo comigo para onde for.

A esta Universidade, seu corpo docente, direção e administração, por me oferecerem a estrutura e os ensinamentos necessários para meu progresso na vida acadêmica, em especial ao meu orientador, por todo o suporte, auxílio e correções.

RESUMO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência e para a manutenção da vida de todas as espécies do planeta. A carência de saneamento básico adequado acarreta problemas sociais, ambientais, financeiros e de saúde ao país, uma vez que é fator na disseminação de doenças, por tanto, torna-se sua melhoria algo tão importante. Neste trabalho foi realizada a análise do tratamento e da potabilidade da água distribuída em três condomínios residenciais populares, que são abastecidos por mananciais subterrâneos, situados na cidade de São Luís – MA. Com base nos resultados das análises das amostras foi proposto um tratamento de água simplificado baseado em dosadores eletrônicos, para utilização nos sistemas de distribuição em um dos condomínios que não estava concordando com os padrões de potabilidade vigentes.

Palavras-chaves: Água. Saneamento básico. Potabilidade. Tratamentos de água.

ABSTRACT

Water is an essential natural resource for the survival and maintenance of life of all species on the planet. The lack of adequate basic sanitation causes social, environmental, financial and health problems to the country, since it is a factor in the spread of diseases, therefore, its improvement becomes so important. In this study, the analysis of the treatment and the potability of the water distributed in three popular residential condominiums situated in the city of São Luís - MA, which are supplied by underground springs. Based on the results of the analysis of the samples, were proposed a simplified water treatment based on electronic dosers, to be used on distribution systems in one of the condominiums that was not in agreement with current potability standards.

Key-words: Water. Basic Sanitation. Potability. Water treatments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água no mundo.....	16
Figura 2 – Abastecimento de água no Brasil.....	21
Figura 3 – Esgotamento sanitário no Brasil.....	21
Figura 4 – Sistema de abastecimento convencional	27
Figura 5 – Tipos de mananciais	28
Figura 6 – Tipos de poços.....	32
Figura 7 – Processo de adução.....	33
Figura 8 – Reservatório.....	34
Figura 9 – Corte do filtro lento detalhado	42
Figura 10 – Sequência do tratamento em ciclo completo.....	44
Figura 11 – Corte de filtro rápido.....	45
Figura 12 – Estação de Tratamento de Água.....	46
Figura 13 – Correção da acidez	48
Figura 14 – Estação de tratamento de água compacta.....	51
Figura 15 – Dosador eletrônico	51
Figura 16 – Instalação do Dosador Eletrônico.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Saneamento básico atual do Brasil	22
Tabela 2 – Análise físico-química Amostra 01	54
Tabela 3 – Análise microbiológica Amostra 01.....	54
Tabela 4 – Análise físico-química Amostra 02	55
Tabela 5 – Análise microbiológica Amostra 02.....	56
Tabela 6 – Análise físico-química Amostra 03	56
Tabela 7 – Análise microbiológica Amostra 03.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção – Portaria nº 2.914/2011	38
Quadro 2 – Padrão organoléptico de potabilidade – Portaria nº 2.914/2011.....	38
Quadro 3 – Padrão microbiológico da água para consumo humano – Portaria nº 2.914/2011	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo geral	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Usos da Água	16
2.2 Saneamento	17
2.3 Saneamento no Brasil.....	19
2.3.1 Saneamento no Maranhão	22
2.4 Saneamento e saúde.....	23
2.4.1 Doenças decorrentes da ausência de saneamento básico	25
2.5 Sistemas de abastecimento de água	27
2.5.1 Manancial	28
2.5.2 Captação	30
2.5.3 Adução	33
2.5.4 Tratamento	33
2.5.5 Reservação	34
2.5.6 Rede de distribuição.....	34
2.6 Potabilidade	35
2.6.1 Análise físico-química da água.....	35
2.6.2 Análise microbiológica da água.....	39
2.7 Tratamento de água convencional	41
2.8 Tratamentos específicos	46
2.8.1 Aeração.....	46
2.8.2 Correção da dureza.....	46
2.8.3 Remoção de ferro.....	47
2.8.4 Correção do pH	47
2.8.5 Remoção de odor e gosto desagradáveis	48
2.8.6 Desinfecção.....	49
2.8.7 Fluoretação	49
2.8.8 Tratamento de água no domicílio: solução individual.....	49

2.8.9 Estações compactas	50
2.8.10 Dosador Eletrônico	51
3 MATERIAL E MÉTODOS	52
3.1 Área de estudo	52
3.2 Procedimentos metodológicos	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
4.1 Análises de água	54
4.2 Proposição de sistema de tratamento de água simplificado	57
5 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência e para a manutenção da vida de todas as espécies do planeta. O homem, com a poluição, mudanças no trajeto de rios e com o progresso, tem colocado em risco a sua potabilidade e disponibilidade para as gerações futuras. Além disso, os problemas de distribuição e de uso incorreto acarretam sérios problemas para a saúde da população, influenciando diretamente nos custos aos cofres públicos.

O Brasil é privilegiado com 12% da água doce superficial no mundo. Mais de 90% do território brasileiro recebe precipitações pluviométricas abundantes durante o ano e as condições climáticas e geológicas propiciam a formação de uma extensa e densa rede de rios, com exceção do semiárido, onde os rios são temporários, o que caracteriza um forte problema de distribuição e disponibilidade geográfica da água (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2013) no Brasil, 19 milhões de pessoas que vivem em áreas urbanas não contam com água potável. Outras 21 milhões que vivem em áreas rurais também não têm acesso à água tratada. Além disso, apenas 46% dos domicílios brasileiros contam com coleta de esgoto.

O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender as suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico, a carência de água sobretudo em regiões semiáridas afetadas por regime de precipitação pluviométrica irregular, mostra o quanto esta torna-se imprescindível para a vida e o desenvolvimento humano (SAAB, 2016).

No caso da Região Nordeste do Brasil, na qual está situado o estado do Maranhão, a reduzida disponibilidade natural associada à má gestão dos recursos hídricos resulta em desperdícios e em contaminação das águas, comprometendo, ainda mais o abastecimento público, acarretando em sérios riscos à saúde das populações e aos ecossistemas (ANA, 2007)

A água subterrânea, tem potencial capacidade de transmissão de doenças causadas por micro-organismos patogênicos provenientes de fezes de humanos e animais, ou por meio de substâncias químicas em concentrações fora dos padrões permitidos pela Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde,

por isso tornando-se indispensável a verificação e o acompanhamento de sua potabilidade.

Um problema que deve ser destacado é a poluição das águas subterrâneas que se concentra mais em áreas urbanas, onde se encontram grandes volumes de fontes de poluição, como esgotos não tratados e lixões. É importante destacar que tanto a qualidade da água quanto a sua quantidade e regularidade de fornecimento são fatores determinantes para o acometimento de doenças no homem. Dessa forma, a determinação da concentração de coliformes (totais e termotolerantes) assume pronunciada importância por constituir um parâmetro indicador da presença de microorganismos entéricos patogênicos (AMARAL; SHIROTA, 2000)

O objetivo do exame microbiológico da água e físico-químico é fornecer subsídio a respeito da sua potabilidade. Para isto, deve ser analisado coliformes totais, coliformes termotolerantes e a contagem padrão bactérias heterotróficas, isto é, ausência de risco de ingestão de microrganismos causadores de doenças. Deve-se analisar também os parâmetros físico-químicos que envolvem o pH, acidez, alcalinidade, turbidez, temperatura, dentre outros.

A contaminação da água dos poços pode acontecer de várias formas, portanto torna-se imprescindível o controle e monitoramento da qualidade e potabilidade desta água. A principal fonte de contaminação de águas não tratadas como água de poço e nascente comumente são fossas sépticas, fezes de animais e esgotamento sanitário impróprio, que entram em contato com esta água devido a proximidade (LOTIN; BENEDET, 1997).

As deficiências no saneamento básico no Brasil expõem a população a vários riscos à saúde humana. Segundo o artigo Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil (TEIXEIRA et al., 2014), doenças relacionadas a sistemas de água e esgoto inadequados e as deficiências com a higiene causam a morte de milhares de pessoas todos os anos, chegando a ser responsável por 1,31% dos óbitos ocorridos no período e uma despesa total de mais de 2 bilhões de reais no Sistema Único de Saúde (SUS).

O saneamento e a saúde estão totalmente entrelaçados e uma das soluções que o governo poderia buscar para resolver os problemas da área da saúde no país seria investir no saneamento básico, que acima de tudo é um dos direitos do cidadão (TEIXEIRA et al., 2014).

Neste trabalho fora realizada a análise do tratamento e da potabilidade da água distribuída em três condomínios residenciais populares, que são abastecidos por mananciais subterrâneos, situados na cidade de São Luís – MA. Com base nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água, foi proposto um tratamento de água simplificado, para utilização nos sistemas de distribuição dos condomínios que não estiverem de acordo com os padrões de potabilidade vigentes.

1.1 Objetivo geral

Analisar o tratamento e a potabilidade da água distribuída em três condomínios residenciais populares, situados na cidade de São Luís – MA, e propor um sistema de tratamento de água simplificado para tais condomínios.

1.2 Objetivos específicos

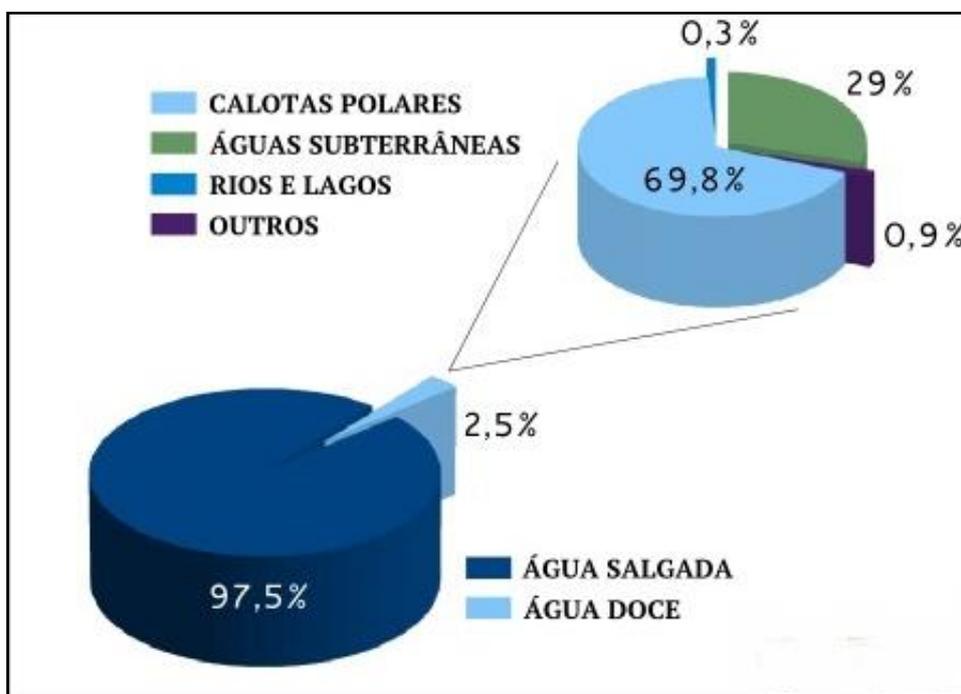
- Estudar os assuntos potabilidade e tratamento de água em sistemas de abastecimento;
- Coletar amostras de água distribuída em três condomínios residenciais populares, situados na cidade de São Luís - MA;
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas dessas amostras de água;
- Verificar a conformidade dos resultados das análises aos padrões de potabilidade vigentes;
- Propor um tratamento de água simplificado, para aplicação futura nos sistemas de distribuição que não estejam atendendo aos padrões de potabilidade vigentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Usos da Água

A água é de longe a substância mais abundante do globo terrestre, cobrindo em torno de três quartos da sua superfície, estando na forma líquida, sólida ou gasosa. Do volume total de água no planeta, é estimado que apenas 2,5% sejam de água potável ou simplesmente água doce, sendo que grande parte desse volume não está facilmente acessível. Apenas aproximadamente 0,3% deste total encontra-se em lagos, rios e reservatórios, estando o restante em lençóis freáticos, aquíferos, nas calotas polares e geleiras, como consta na Figura 1 a seguir (ANA, 2007).

Figura 1 – Distribuição da água no mundo



Fonte: Brasil Escola, 2015

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica estimada em 35 mil e 732 m³/hab/ano, sendo considerado um país privilegiado em relação à água. Além disso, em relação ao potencial hídrico mundial, o Brasil conta com 12% da quantidade total de água doce no mundo (ANA, 2007).

O ser humano de um modo geral necessita de água de inúmeras formas, para sua higiene, alimentação, lazer, ou seja, para a própria sobrevivência.

Os principais usos da água têm gerado conflitos de demanda e os sinais de escassez tornaram-se cada vez mais frequentes com reflexos desastrosos para a sociedade. Grandes cidades e polos de produção agrícola enfrentam atualmente o desafio crescente do uso racional e preservação deste recurso natural (FUNASA, 2015).

A demanda para consumo humano aumenta a cada ano, elevando a pressão sobre a disponibilidade dos mananciais, obrigando a busca de fontes distantes e, em alguns casos, a transposição de bacias para atendimento das necessidades crescentes. São fatores preponderantes ao aumento da demanda: o crescimento populacional, o aumento da industrialização e o grande volume de perdas em sistemas de abastecimento de água (FUNASA, 2015).

Em nossa sociedade, a exploração dos recursos naturais, dentre eles a água, de forma bastante agressiva e descontrolada, levou a uma crise socioambiental bastante profunda. Hoje deparamos com uma situação na qual estamos ameaçados por essa crise, que pode se tornar um dos mais graves problemas a serem enfrentados neste século.

No Brasil, o Conama classifica a água em águas doces, salinas e salobras, subdivididas em nove diferentes classes estabelecidas em função de diferentes destinações, o objetivo dessa classificação é possibilitar a determinação dos usos preponderantes, adequação dos controles de poluição e criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade dos corpos d'água. De acordo com o Conama, a classificação do corpo d'água é dada não necessariamente com o estado atual do corpo hídrico, mas também de acordo com o nível de qualidade que se pretende para o corpo hídrico a fim de atender as necessidades da população local.

2.2 Saneamento

De acordo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1986), o saneamento é o conjunto de medidas adotadas em um local que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com o intuito de melhorar a vida e a saúde dos habitantes. Sendo o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social dos indivíduos.

A Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 denominada Lei do Saneamento Básico, aborda o conjunto de serviços de abastecimento público de água

potável, coleta, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, além da limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos.

No art. 2º da Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 é definido os fundamentos do saneamento básico do Brasil:

- “I - universalização do acesso;
 - II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
 - III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
 - IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
 - V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
 - VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;
 - VII - eficiência e sustentabilidade econômica;
 - VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;
 - IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;
 - X - controle social;
 - XI - segurança, qualidade e regularidade;
 - XII - integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.
 - XIII - adoção de medidas de fomento à moderação do consumo de água.”
- (BRASIL, 2007, p. 1-2)

De acordo com a Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, o saneamento básico, compreende o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento público de água potável. Compreende também a coleta, transporte, tratamento e disposição final do esgotamento sanitário e de resíduos sólidos. Assim como a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental (FUNASA, 2015).

O art. 11 da Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 estabelece um conjunto de condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico quais sejam: plano de saneamento básico; estudo comprovando viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação universal e integral dos serviços; normas de regulação e designação da entidade de

regulação e de fiscalização; realização prévia de audiências e de consulta públicas; mecanismos de controle social nas atividades de planejamento, regulação e fiscalização e, as hipóteses de intervenção e de retomada dos serviços (BRASIL, 2007).

Outro conceito que se deve salientar é o de salubridade ambiental, onde é definido como o conjunto das condições materiais e sociais que buscam inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, a fim de proporcionar a população ambiente favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar (FUNASA, 2015).

De acordo com a FUNASA (2015) a salubridade é o estado das coisas, do meio e seus elementos constitutivos, torna-se assim um fator importante para a promoção da melhor possível saúde pública da população, assim como um meio que permite a sobrevivência do ser humano, quando está implantado adequadamente conforme as exigências locais.

A melhoria da qualidade do saneamento básico é um fator importante, uma vez que influencia diretamente na melhoria da saúde e das condições de vida de uma população, influenciando positivamente em índices de mortalidade e expectativa de vida. Além disso, implantar hábitos de higiene na população, oferecer maior conforto e bem-estar, culmina em redução de custos com consultas e internações hospitalares, seja no âmbito público ou particular.

2.3 Saneamento no Brasil

O primeiro registro de saneamento no Brasil ocorreu em 1561, quando o fundador Estácio de Sá mandou perfurar o primeiro poço para abastecer o Rio de Janeiro. No período colonial a extração de recursos era a principal fonte da economia, sendo assim determinante para o surgimento dos aquedutos rurais, sistema pioneiro de transporte de água que utiliza a força da gravidade (FUNASA, 2013).

No período colonial, com a chegada da Família Imperial ao Rio de Janeiro, as ações de saneamento começaram a modificar a condições precárias que existam, mas a falta de planejamento adequado, baixo investimento e baixa qualidade nos projetos foram empecilhos para uma modernização maior (EOS, 2017).

Na década de 1970, o governo federal implementa o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANASA), buscando solucionar o déficit em abastecimento de

água e esgotamento sanitário gerado pelo crescimento populacional acelerado nas cidades a partir de meados da década de 1960. Na década de 1980 o Banco Nacional da Habitação, que era o principal financiador, foi extinto e em consequência acabou o PLANASA.

A Constituição Federal de 1988 menciona em seu Art. 23 que é de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios “IX - promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico” (BRASIL, 1988, p. 9)

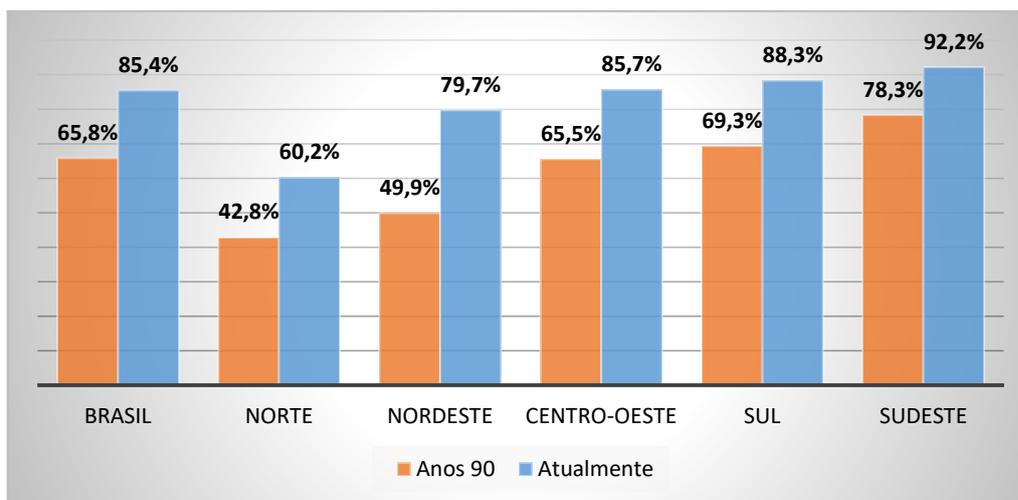
Em 2007, o saneamento básico passou a ser um direito garantido no Brasil pela Constituição e definido pela Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 de como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

No dia 28 de janeiro de 2007, foi lançado o Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), que visava estimular a economia brasileira em obras de infraestrutura. O capital utilizado no PAC é originário de recursos da União, capitais de investimentos de empresas estatais e investimentos privados com estímulos de investimentos públicos e parcerias. Em 2011 foi lançada a segunda fase do programa visando aumentar o nível de emprego no país, melhorar a infraestrutura e garantir o desenvolvimento econômico em todas as regiões do Brasil.

No Brasil, por volta do início da década de 1990, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) iniciaram a realização de pesquisas que proporcionariam um acompanhamento e visualização do saneamento básico do país, salientando a falta de estrutura que a população brasileira possuía.

O Brasil possuía aproximadamente uma população de 150 milhões de habitantes na década de 1990 segundo o IBGE (2000), sendo que 75% dessa população vivia em na área urbana do país. Mas nesta época viver na cidade não era sinônimo de boa qualidade de vida, visto que menos de 70% dos cidadãos recebia água de algum sistema de abastecimento.

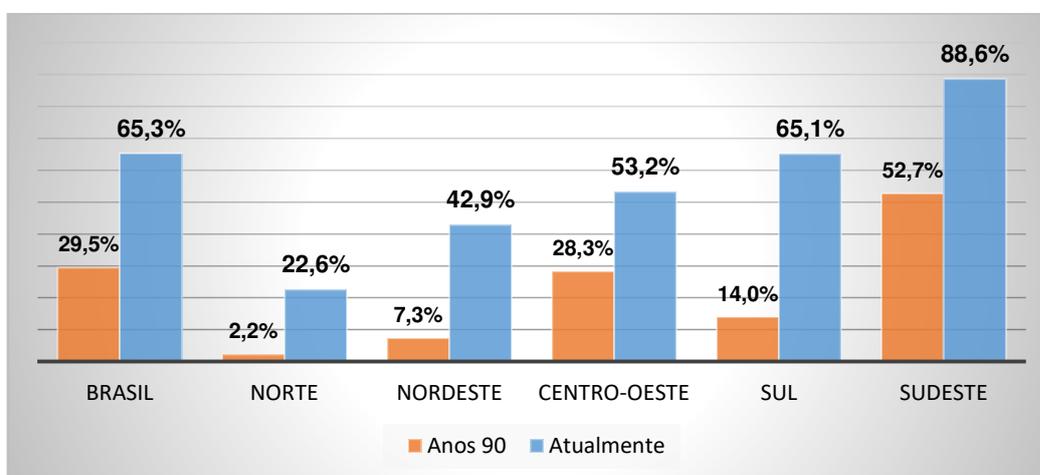
Atualmente, pesquisas realizadas pelo IBGE (2017) revelam que o Brasil tem mais de 207 milhões de habitantes, onde 83,3% da população brasileira é atendida com água potável, a Figura 2, a seguir, ilustra a situação do abastecimento de água no Brasil.

Figura 2 – Abastecimento de água no Brasil

Fonte: ABES, 2017 (Adaptado pelo autor)

Dados do IBGE mostram, que na década de 1990, a situação do saneamento relacionado à esgoto era totalmente precária, onde apenas aproximadamente 30% da população brasileira contavam com algum tipo de sistema de coleta de esgoto. Vale ressaltar que desta parcela de esgoto que era coletado, nem todo era tratado, apenas 8% dos municípios apresentavam alguma forma de tratamento (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

Dados recentes mostram o avanço na situação do esgotamento sanitário do Brasil, onde um pouco mais de 65% da população brasileira conta com algum tipo de coleta de esgoto, a Figura 3, a seguir, demonstra a situação do Esgotamento Sanitário no Brasil (ABES, 2017).

Figura 3 – Esgotamento sanitário no Brasil

Fonte: ABES, 2017(Adaptado pelo autor)

O grande déficit histórico do saneamento básico no Brasil vem sendo combatido nos últimos anos devido a Lei do Saneamento, mas devido a sua grande complexidade e relativamente pouco tempo de execução, não permite ainda que todos os brasileiros sejam beneficiados.

“Deve-se ressaltar que o saneamento básico é uma área que ainda tem grandes desafios a vencer, mas está recebendo uma grande priorização por parte do governo federal. Há um grande esforço para a continuidade dos investimentos no setor, apesar do momento de restrições orçamentárias pelo qual ainda passa o país e um empenho especial aos aprimoramentos necessários ao emprego eficiente dos recursos” (BRASIL, p. 3-4).

Percebe-se a discrepância entre as regiões do Brasil em relação ao saneamento básico, onde a Região Sudeste apresenta sempre os melhores resultados em comparação com as demais, situação que mostra a desigualdade social ainda presente no país, que deve ser diminuída por meio de programas e investimentos do governo federal. A Tabela 1, a seguir, apresenta a situação do Saneamento básico atual do Brasil.

Tabela 1 – Saneamento básico atual do Brasil

Regiões	Abastecimento de Água	Esgotamento Sanitário	Coleta de Lixo
Brasil	85,4%	65,3%	89,9%
Norte	60,2%	22,6%	78,6%
Nordeste	79,7%	42,9%	79,1%
Centro-Oeste	85,7%	53,2%	91,9%
Sul	88,3%	65,1%	94,1%
Sudeste	92,2%	88,6%	96,4%

Fonte: ABES, 2017 (Adaptado pelo autor)

Desta forma, entende-se que a Região Sudeste por apresentar melhores índices socioeconômicos e de saúde, apresenta não apenas uma população com maior conhecimento e entendimento acerca de cuidados em saúde, como também maior investimento por parte do poder público em assuntos de saneamento e saúde, resultando em indicadores privilegiados quando comparados ao resto do país.

2.3.1 Saneamento no Maranhão

Conforme os dados apresentados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017), em relação ao ano de 2016, o Maranhão possui um dos piores índices do país em coleta de esgoto e fornecimento de água. Tais

informações mostram que o Maranhão possui 56,2% de cobertura de abastecimento de água, dado não satisfatório visto que é o 6º pior estado do país, ficando à frente do Piauí, Pará, Acre, Rondônia e Amapá.

Em relação a coleta e tratamento de esgoto, os dados do SNIS (2017) o Maranhão apresenta dados mais críticos que os de abastecimento de água, sendo o 5º pior estado do Brasil, com apenas 12,1% de seu esgoto coletado corretamente.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2017), A cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, é a 79º colocada entre as 100 maiores cidades do Brasil quando se trata de saneamento. Possui um abastecimento de água tratada a 88,02% dos habitantes, em relação ao esgoto 47,9% da população tem acesso à coleta e apenas 4,03% do esgoto produzido é tratado.

2.4 Saneamento e saúde

A OMS define “saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental, social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade” (FUNASA, 2015, p. 17). Conforme o Instituto Trata Brasil (2017, p. 2), “o saneamento é a estrutura que mais benefícios traz para a população. O ‘básico’ do nome não está ali à toa, é a estrutura mais elementar e a mais relevante”.

A carência de saneamento adequado gera diversos problemas ao país, como sociais, ambientais, financeiros e de saúde, já que é um fator importante na disseminação de doenças, por tanto, torna-se sua melhoria algo tão importante. Segundo a OMS (2013) investir em saneamento básico significa reduzir gastos com a saúde pública, pois a cada R\$ 1,00 investido pelo governo em saneamento gera uma economia de R\$ 4,00 no sistema de saúde.

É notório que o Brasil ainda investe pouco em saneamento segundo as recomendações da OMS, em estudos realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015) é possível visualizar a deficiente cobertura do país, uma vez que a cobertura alcança apenas por 73,2% da população urbana brasileira. Tais dados corroboram com os dados apresentados pelo IBGE (2015), no qual detectou-se que apenas um pouco mais da metade dos domicílios do país apresentam rede de esgotamento sanitário e estas concentram-se nos grandes e médios centros urbanos.

Ao fazer uma comparação por regiões é observado uma grande discrepância, visto que enquanto 59,5% da população urbana da região Norte não apresenta saneamento básico adequado, somente 11,7% da população urbana da região Sudeste apresenta este problema. Tal fato fere a Lei Nacional de Saneamento Básico, que estabelece que os serviços públicos de saneamento devem ser prestados com base no princípio de universalização do acesso (TEIXEIRA et al., 2014).

O abastecimento de água sob o ponto de vista sanitário e social tem como objetivos principais: o controle e a prevenção de patologias; implementação de hábitos higiênicos populacionais; limpeza pública; facilitar práticas desportivas; e oferecer conforto, bem-estar, segurança e o aumento da expectativa de vida populacional (FUNASA, 2015).

Abastecimento com água potável e saneamento básico adequado estão entre os direitos humanos básicos que visam a proteção da saúde. Garantir sua disponibilidade influenciaria de forma significativa na saúde e bem-estar populacional, na sua produtividade e no seu desenvolvimento (CARVALHEIRO, 2015).

Entende-se promoção de Saúde como um processo de capacitação da comunidade para atuar na melhoria de sua qualidade de vida e saúde, incluindo uma maior participação no controle deste processo. Este conceito proposto pela OMS na Conferência de Ottawa (1986), é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. O significado do termo tem sido alterado ao longo dos anos, e atualmente, está associado aos conceitos de solidariedade, equidade, democracia, cidadania, desenvolvimento, participação e parceria.

A promoção da saúde busca tornar as populações das comunidades aptas a modificarem os determinantes da saúde em benefício da própria qualidade de vida, abrangendo implementação de políticas públicas em prol da saúde, criação de ambientes saudáveis, capacitação populacional (desenvolvendo habilidades individuais e coletivas), além da reorientação de serviços de saúde. A promoção de saúde pode ser um importante pilar na melhora das condições de saúde (FUNASA, 2015).

Para a atenção integral de saúde, deve-se congregiar saberes e práticas como: atenção médico-hospitalar; programas de saúde pública; vigilância em saúde; educação para a saúde, ações extras setoriais como água, esgoto, resíduos e drenagem urbana. Deve-se considerar também a educação, habitação, alimentação,

nutrição, e dirigir esses saberes e práticas de forma integrada a cada população, considerando as características culturais, sociais, políticas e econômicas.

A água percorre um longo caminho até chegar ao consumo humano, nesse percurso pode sofrer efeitos diversos de poluição e contaminação, se tornando meio de transporte de tipos diversos de contaminação. Caso seja usada em condições inadequadas pode apresentar muitos riscos. De diversas formas a água pode interferir na saúde, seja pela ingestão direta, higienização, cozimento, lavagem de alimentos, na agricultura ou nas atividades de lazer.

A partir disto, entende-se a significativa influência que a qualidade da vida distribuída nas cidades apresenta sobre a saúde humana. Uma vez que, está presente nas atividades alimentares, lazer, ocupacionais, dentre outras. Oferecer saneamento, então, é uma prática de grande valia para a promoção de saúde.

2.4.1 Doenças decorrentes da ausência de saneamento básico

Conforme Costa, Pontes e Gonçalves (2010), no período de 1996 a 1999 cerca de 2% dos óbitos no Brasil estavam relacionados a doenças causadas por saneamento inadequado. Para OMS (2007), a exposição a fatores de risco ambiental como poluição de ar, água não tratada e falta de infraestrutura urbana é responsável por aproximadamente 233 mil mortes por ano no Brasil; e um maior investimento em políticas públicas sanitárias, para que se tornem eficientes poderiam evitar cerca de 20% de todas as mortes no país.

É possível categorizar os riscos para a saúde relacionados com a água:

1) associados à ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e parasitas), seja por contato direto ou através de vetores (insetos dependentes da água em seu ciclo biológico);

2) associados a poluentes químicos e radioativos (resíduos industriais ou produtos de acidentes ambientais).

Dentre os agentes biológicos encontrados nas águas poluídas há predomínio de bactérias patogênicas, vírus e parasitas (FUNASA, 2015).

Com relação à transmissão de doenças diretamente pela água podem ser citadas as diarreias agudas, cólera, giardíase, amebíase e hepatite A. O cólera é uma doença diarreica aguda, causada pelo *Vibrio cholerae*, o ser humano infecta-se ocasionalmente e atuam como veículo de disseminação (FAUCI et al., 2008); o vírus

A da hepatite (VHA) é um Picornaviridae, e assim como o cólera a principal forma de transmissão consiste na ingestão de água contaminada por fezes, seguida da ingestão de alimentos contaminados (PEREIRA; GONÇALVES, 2003).

Da mesma forma a *Giardia lamblia*, protozoário causador da giardíase, tem a água como importante forma de transmissão, gerando infecções episódicas e epidemias maciças.

“a água de superfície, variando desde os riachos até grandes reservatórios municipais, pode ser contaminada com cistos da *Giardia* de origem fecal; os sistemas de água obsoletos estão sujeitos à contaminação cruzada por linhas de esgotos [...] os cistos viáveis podem ser erradicados da água pela fervura ou pela filtração” (FAUCI et al., 2008, p. 56).

No que se refere a amebíase, causada pelo protozoário intestinal *Entamoeba histolytica*, a exposição a alimentos contaminados é a via mais prevalente e provável quando estes são desenvolvidos em solo com água contaminada por fezes (FAUCI et al., 2008).

Existe um outro grupo de doenças que são causadas não por culpa da água contaminada, mas sim pela ausência da higiene populacional com água; e dentre estas convém listar: escabiose, pediculose, tracoma, conjuntivite bacteriana aguda, salmonelose, tricuriase, enterobíase, ancilostomíase e ascaridíase (FUNASA, 2015).

O terceiro grupo de doenças apresentam vetores que se relacionam com a água, e as principais são malária, dengue, febre amarela e filariose. Os vetores são mosquitos dos gêneros Anopheles, Aedes e Culex; que necessitam de água para a reprodução e multiplicação. Dessa forma, nos períodos chuvosos predominam as epidemias. Para o controle é preciso fazer pesquisa larvária nos pontos estratégicos, com tratamento focal e/ou residual, atividades de educação e comunicação, com vistas à prevenção e controle, além de articulação com órgãos municipais de limpeza urbana (BRASIL, 2009).

Por fim, existe o grupo das doenças causadas pelo contato com a água contaminada, como exemplo, a esquistossomose, que é contraída após o contato com água contaminada com cercárias do *Schistosoma mansoni*, e a leptospirose, que é transmitida por água contaminada, principalmente por urina de rato com a bactéria do gênero *Leptospira* (FAUCI et al., 2008).

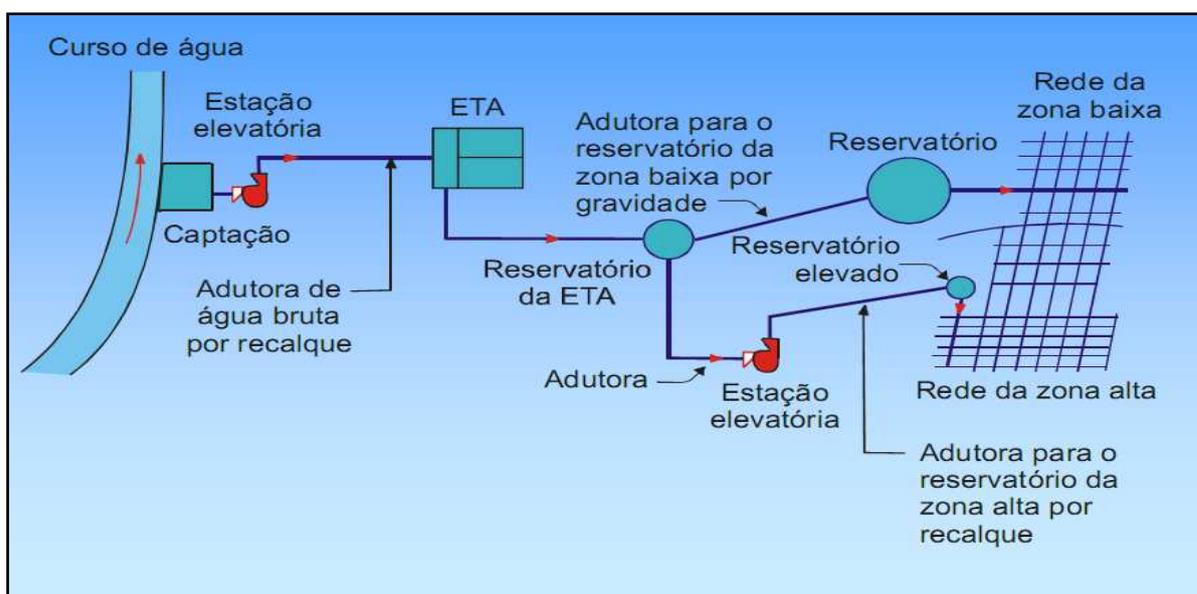
2.5 Sistemas de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água caracteriza-se por ser um conjunto de obras que visa a retirada de água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte e fornecimento a população em quantidade compatível com suas necessidades. Um sistema de abastecimento de água pode elaborado para atender a pequenos povoados ou a grandes cidades, variando nas características e no porte de suas instalações (FUNASA, 2015)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), definem o acesso aos serviços de abastecimento de água como a disponibilidade de pelo menos 20 litros por pessoa por dia a partir de uma fonte que possibilite proporcionar água com qualidade, que esteja localizada no entorno de um quilômetro da habitação. O abastecimento de água é importante por diversos aspectos, tais como a maior facilidade na proteção do manancial que abastece a população, maior facilidade na supervisão e manutenção das unidades instaladas, maior controle sobre a qualidade da água consumida e ganhos na economia de recursos humanos e financeiros.

Um sistema de abastecimento de água é composto por manancial, captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição e estações elevatórias (BOVOLATO, 2012). A Figura 4, a seguir, demonstra um sistema de abastecimento convencional.

Figura 4 – Sistema de abastecimento convencional



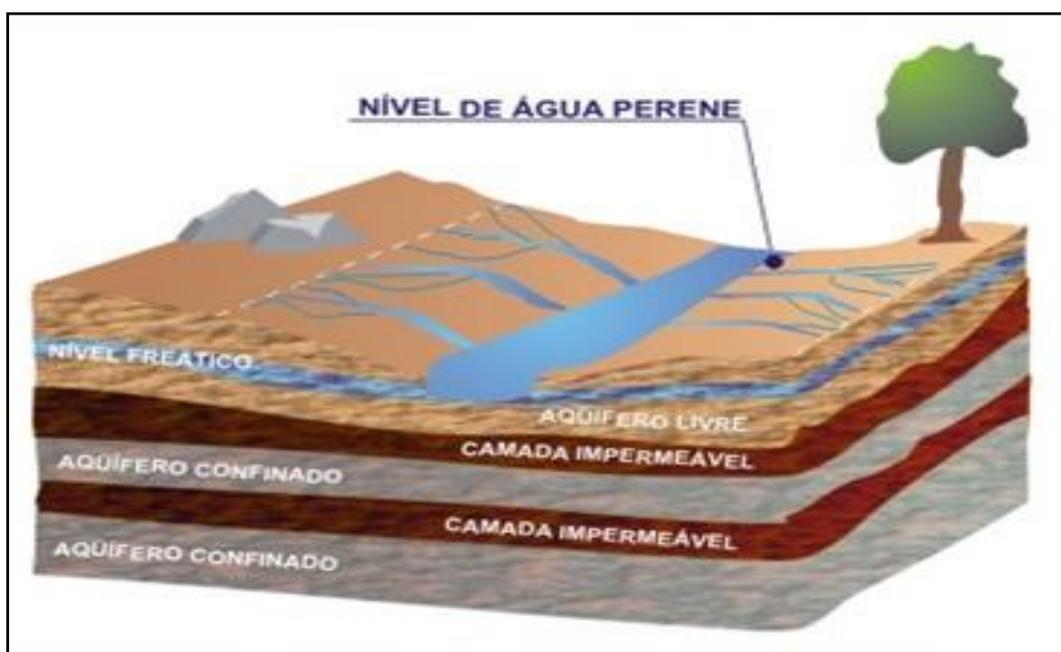
A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água gera uma rápida e sensível melhoria na saúde pública, assim como nas condições de vida da comunidade beneficiada, através do controle e prevenção de doenças, da promoção de hábitos higiênicos, do desenvolvimento de esportes e da melhoria da limpeza pública. Reflete-se, também, na adoção de medidas que resultam em melhoria do conforto e da segurança coletiva.

2.5.1 Manancial

O primeiro conceito que deve ser abordado é o de manancial, onde são reservas hídricas utilizadas no abastecimento público, são fontes de água doce superficial ou subterrânea utilizada para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas (FUNASA, 2015). As regiões que possuem os mananciais devem ser alvo de atenção específica, contemplando aspectos legais e gerenciais.

Existem dois tipos de mananciais para o abastecimento de água, que são os mananciais superficiais e os subterrâneos. Não necessariamente estes mananciais estão separados, podendo ocorrer casos em que a água possa estar em um determinado local em seu deslocamento, como na superfície na forma de rios ou lagos, e em uma próxima etapa estar de forma subterrânea; a Figura 5, a seguir, ilustra os tipos de mananciais (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

Figura 5 – Tipos de mananciais



Fonte: ABAS, 2005

As águas superficiais utilizadas em sistemas de abastecimento, de modo geral, são provenientes de um curso de água natural, onde as condições de escoamento, a variação do nível d'água, a estabilidade do local de captação, implicam que sejam efetuadas obras preliminares a sua captação e a dimensão destas obras. Sendo as principais condições a serem analisadas a quantidade e qualidade da água, garantia de funcionamento, economia das instalações e localização (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

Os mananciais que se encontram abaixo da superfície terrestre são chamados de lençóis. Essas águas podem estar acumuladas em dois tipos de lençóis: o freático ou artesiano. O lençol freático caracteriza-se por estar localizado sobre uma camada impermeável de rocha, e submetido a pressão atmosférica local. O lençol artesiano caracteriza-se por está confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre e submetido a uma pressão superior a pressão atmosférica local (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007; MIRANDA, 2007).

A decisão mais importante em um projeto de abastecimento de água é a que se refere ao manancial a ser adotado. Sempre que houver duas ou mais fontes possíveis, a sua seleção deve se apoiar em estudos amplos, que não se restrinjam exclusivamente aos aspectos econômico-financeiros. A qualidade da água, as tendências futuras relativas à sua preservação e as condições de segurança devem também ser pesadas (RICHTER; AZEVEDO, 1991).

Quando há mais de uma opção, a escolha do manancial deverá levar em conta, além da predisposição da comunidade em aceitar as águas do manancial a ser adotado, os seguintes critérios segundo a FUNASA (2015, p. 79) devem ser adotados:

- “• 1º critério - previamente é indispensável a realização de análises de componentes orgânicos, inorgânicos e bacteriológicos das águas do manancial, para verificação dos teores de substâncias prejudiciais;
 - 2º critério - vazão mínima do manancial, necessária para atender a demanda por um determinado período de anos;
 - 3º critério - mananciais que exigem apenas desinfecção: inclui as águas subterrâneas;
 - 4º critério - mananciais que exigem tratamento simplificado: compreendem as águas de mananciais protegidos, com baixos teores de cor e turbidez, passíveis apenas de filtração e desinfecção;
 - 5º critério - mananciais que exigem tratamento convencional: compreendem basicamente as águas de superfície, com turbidez elevada, que requerem tratamento com coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.”
- FUNASA (2015, p. 79).

2.5.2 Captação

A captação é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a tomada de água destinada ao abastecimento coletivo ou individual (FUNASA, 2015). A captação do lençol freático pode ser executada por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

Sabe-se que existe água subterrânea em diversos locais, mas esta afirmação não significa que em qualquer lugar possa ser perfurado um poço. A captação de água subterrânea tem um custo por vezes elevado e, portanto, não deve ser feita sem critérios. A construção do poço só será viável se houver indícios de água subterrânea na área pretendida e possibilidade de ser atingido o lençol (BOVOLATO, 2012). Existem fatores naturais que condicionam a distribuição e concentração da água subterrânea em certos locais, de maneira a melhorar o rendimento e a vazão do poço, tornando o empreendimento mais proveitoso e evitando ou diminuindo a taxa de insucessos (MIRANDA, 2007).

A escavação de poço é uma das formas mais antigas usadas pelo homem para se abastecer de água subterrânea. No Brasil, o poço escavado de forma manual ainda é bastante utilizado pela população rural e recebe diversas denominações, como: cacimba, poço amazonas, poço freático ou poço raso (ABAS, 2005).

Poços tubulares são perfurações para obtenção de águas subterrâneas, normalmente feitas por meio de equipamentos mecânicos ou até mesmo de forma manual, possuindo um diâmetro pequeno em relação à sua profundidade, sendo seu diâmetro máximo de aproximadamente 50 cm e profundidades que podem variar até 4.500 metros. Podem ser revestidos de forma total ou parcial com tubos metálicos ou de plástico. (CPRM, 1998).

Os poços tubulares podem se classificar em dois grandes grupos, poço tubular raso e poço tubular profundo.

Os poços tubulares rasos podem ser perfurados ou cravados, sendo os poços rasos perfurados geralmente perfurados por escavação manual, com diâmetros pequenos de 15 a 30 cm. São utilizados em lençóis freáticos de pequena profundidade, atingindo profundidades de aproximadamente 20 metros. Os poços rasos cravados são construídos por meio de percussão ou rotação, geralmente utilizados em situação de emergência em aquíferos de pequena profundidade e alta

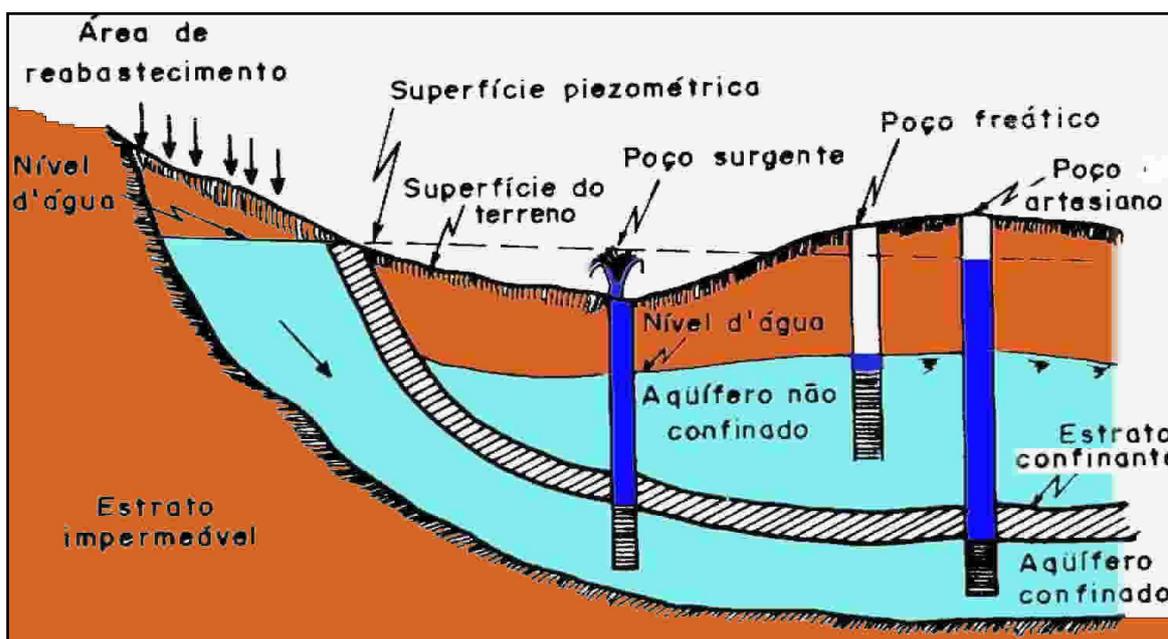
vazão, devido ao pequeno diâmetro pode ser cravado a profundidade superiores a 20 metros dependendo do tipo de terreno (FUNASA, 2015).

O poço tubular profundo é uma obra de engenharia projetada de acordo com normas técnicas específicas e construída para a captação de água subterrânea, que exige mão de obra, equipamentos especiais para sua construção. Pode ser executado com perfuratrizes, à percussão, rotativas ou roto-pneumáticas, com diâmetros de 4" a 36" e profundidades que vão de mais de 20 metros a cerca de 4.500 metros. De acordo com o tipo de aquíferos captados e com o nível de água no seu interior, os poços tubulares profundos podem ser classificados em três tipos, poços freáticos, artesianos e artesianos surgentes (FUNASA, 2015).

Os poços tubulares freáticos ou poços domésticos como são chamados, são construídos em aquíferos livres ou freáticos. Em geral são rasos e de grandes diâmetros, possuindo o nível da água parada (nível estático) coincidente com o nível freático regional. Possuem uma vazão pequena, sugerindo que seja utilizado apenas para consumo humano ou uso doméstico (BARBOSA JR., 2013).

Os poços artesianos, são construídos em aquíferos confinados ou semi-confinados, nos quais a superfície potenciométrica se eleva acima do topo da camada aquífera. O nível estático destes poços é superior ao nível freático regional. Já o poço artesianos surgente é um caso particular do poço artesianos no qual a superfície potenciométrica se eleva acima da superfície do terreno, ficando assim o nível estático acima da boca do poço, provocando o jorro, ou seja, o derramamento espontâneo de água (BARBOSA JR., 2013). A Figura 6, a seguir, ilustra os tipos de poços.

Figura 6 – Tipos de poços



Fonte: UFRRJ, 2008

Segundo Natal e Nascimento (2004), podemos destacar algumas vantagens na utilização de mananciais subterrâneos sobre os mananciais superficiais, dentre as quais podemos destacar o baixo custo na construção de poços em relação ao custo necessário para realizar obras de captação das águas superficiais, por isso tornam-se uma alternativa mais viável para o abastecimento de pequenas e até médias populações urbanas ou rurais.

As águas subterrâneas geralmente são de boa qualidade ao consumo humano, sendo mais limpas que as superficiais, por consequência na maioria das vezes não necessitam do mesmo grau de tratamento para o consumo, pois os mananciais subterrâneos estão protegidos por centenas de metros de rocha (NATAL; NASCIMENTO, 2004).

Existem alguns fatores de risco na utilização de águas subterrâneas, dentre os quais podemos destacar o grande número de poços mal locados, construídos e operados sem manutenção, tornando a coleta de água pelo poço incerta e com uma vida útil curta. Devido à falta de controle governamental, qualquer indivíduo, condomínio, indústria, agricultor, empresa privada ou estatal consegue construir um poço, frequentemente, pelo menor preço e sem a tecnologia adequada. E a falta de estudos hidro geológicos básicos, rede de monitoramento e de bancos de dados consistentes e acessíveis ao público, para um controle de qualidade maior (MIRANDA, 2007).

2.5.3 Adução

Adução consiste no processo de transporte da água do manancial ou da água tratada. É um conjunto de tubulações que visa conduzir a água entre as unidades que antecedem a rede de distribuição. Podendo ser uma adutora de água bruta, quando faz o transporte entre o manancial e a Estação de Tratamento de Água (ETA), ou uma adutora de água tratada, quando esta transporta a água proveniente da ETA aos reservatórios de distribuição (FUNASA, 2015). Pode ser classificada quanto a energia de movimentação do líquido, utilizando a força da gravidade do desnível, uma adutora por recalque, quando utiliza um meio elevatório qualquer e mista quando utiliza parte por gravidade e parte por recalque. A Figura 7 a seguir, demonstra o processo de adução de um sistema de abastecimento convencional.

Figura 7 – Processo de adução



Fonte: IRRIPLAN, 2014

2.5.4 Tratamento

A próxima etapa do sistema de abastecimento é o tratamento, que consiste em melhorar as características qualitativas da água, dos pontos de vista físico, químico, bacteriológico e organoléptico, a fim de que se torne própria para o consumo. Geralmente é realizado nas Estações de Tratamento de Água (FUNASA, 2015).

2.5.5 Reservação

O processo de armazenamento da água denomina-se reservação, em que é utilizado para atender a diversos propósitos, como a variação de consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição (ANA, 2007). A Figura 8 a seguir, demonstra um reservatório utilizado em sistemas de abastecimentos de médio porte.

Figura 8 – Reservatório



Fonte: Reservatório de Água Mineral, 2016

2.5.6 Rede de distribuição

A rede de distribuição é a condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações instaladas nas vias públicas. E as estações elevatórias ou de recalque são instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras (MIRANDA, 2007).

Por tanto um sistema de abastecimento de água deve funcionar de forma ininterrupta e de forma eficaz, fornecendo água de qualidade e em quantidade suficiente desde que todas as suas etapas cumpram com suas finalidades.

2.6 Potabilidade

A água encontrada na natureza possui impurezas que podem torná-la imprópria para o consumo. Portanto, para ser considerada potável, isto é, com qualidade adequada ao consumo humano, deve atender a padrões de qualidade definidos por legislação própria. Daí a importância da provisão de serviços apropriados de saneamento básico, a exemplo dos serviços de abastecimento de água, reconhecidos para a proteção da saúde da população e a melhoria de sua qualidade de vida (FUNASA, 2015).

Água potável é a água própria para o consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos estejam de acordo com o padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, no Brasil os padrões de potabilidade da água são estabelecidos pelo Ministério da Saúde e atualmente encontra-se em vigor a Portaria Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Como a Portaria exige uma quantidade de ensaios extremamente detalhados, que vão além da avaliação de higiene e limpeza dos recipientes de armazenamentos da água potável, o Ministério da Saúde definiu quais são os ensaios mínimos obrigatórios a serem executados:

- pH;
- Turbidez;
- Cloro residual livre;
- Sólidos totais dissolvidos;
- Contagem total de bactérias;
- Coliformes totais;
- Presença de *Escherichia coli*;

Serão apresentados as definições e importância dos principais parâmetros utilizados na determinação de elementos e compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água (PARRON, 2011).

2.6.1 Análise físico-química da água

A análise físico química de água potável consiste em alguns parâmetros que são realizados para conhecer as características, tanto físicas, como as químicas, da mesma. Os principais parâmetros físico-químicos são: Dureza, Alcalinidade total, cloretos, pH, turbidez e fluoretos.

A dureza total é a soma das concentrações de íons alcalino-terrosos, como cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio (CaCO_3). A dureza

de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza temporária, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio, que devido à ação do calor, se decompõe em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam, sendo resistente à ação dos sabões e provoca incrustações. A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, acontece devido à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água. Não se decompõe pela ação do calor (FUNASA, 2013). A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 estabelece para dureza total o teor de 500mg.l^{-1} em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável.

A alcalinidade total de uma água é a soma de todas as bases tituláveis, ou seja, é a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de carbonato de cálcio. Pode-se dizer que a alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos, isto é, a quantidade de substâncias na água que atuam como tampão. Vale ressaltar que as águas superficiais possuem alcalinidade natural em concentração suficiente para reagir com o sulfato de alumínio nos processos de tratamento, assim quando a alcalinidade é muito baixa ou inexistente há a necessidade de se provocar uma alcalinidade artificial com aplicação de substâncias alcalinas, tal como cal hidratada ou carbonato de sódio para que o objetivo seja alcançado. Procede-se ao contrário quando a alcalinidade é muito elevada, acidifica-se a água até que se obtenha um teor de alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio ou outro produto utilizado no tratamento da água (FUNASA, 2013).

Os cloretos podem estar na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio, estando presentes em águas brutas e tratadas em diversos níveis de concentrações. Por exemplo a água do mar possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg.l^{-1} (PARRON, 2011). Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 estabelece o teor de 250mg.l^{-1} como o valor máximo permitido para água potável. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos, sendo a sua remoção pode ser feita por dessalinização (osmose reversa) ou eletrodialise (troca iônica) (FUNASA, 2013).

O termo pH, Potencial Hidrogeniônico, uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução,

representando a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra (FUNASA, 2013). A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição.

A turbidez da água é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz seja espalhada devido à presença de materiais sólidos em suspensão, reduzindo a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais. (PARRON, 2011).

Segundo Parron (2011), a turbidez tem sua importância no processo de tratamento da água, em que a água com turbidez elevada, e dependendo de sua natureza, forma flocos pesados que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Também tem suas desvantagens como no caso da desinfecção que pode ser dificultada pela proteção que pode dar aos micro-organismos no contato direto com os desinfetantes. É um indicador sanitário e padrão organoléptico da água de consumo humano.

A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, incorpora as preocupações internacionais relacionadas à transmissão de protozoários via abastecimento de água. O padrão de turbidez da água resultante de filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) é estabelecido em 0,5 UT e para água resultante de filtração lenta estabelecido para 1,0 UT. Entretanto, o atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 e 1,0 UT deverá ser cumprido em metas progressivas ao longo de quatro anos: em 25% das amostras analisadas mensalmente no primeiro ano, até em 95% no quarto ano (sempre com VMP de 1 UT no restante das amostras mensais).

A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 estabelece ainda o Valor Máximo Permitido de 1,0 UT para água subterrânea pós-filtração ou pré-desinfecção. E em qualquer ponto da rede de distribuição 5,0 UT como padrão organoléptico de potabilidade. O Quadro 1, a seguir, demonstra o padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção; e o Quadro 2, apresenta o padrão organoléptico de potabilidade.

Quadro 1 – Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção – Portaria nº 2.914/2011

Tratamento da água	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 ⁽³⁾ uT em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 ⁽³⁾ uT em 95% das amostras

Fonte: Ministério da Saúde, 2011

NOTAS: ⁽¹⁾ Valor máximo permitido.

⁽²⁾ Unidade de Turbidez.

⁽³⁾ Este valor deve atender ao padrão de turbidez de acordo com o especificado no § 2º do art. 30.

A aplicação de flúor na água para consumo humano tem a finalidade de prevenir a cárie dentária. Hoje, esse procedimento é considerado um processo normal de tratamento de água e o teor ótimo de flúor é parte essencial de sua qualidade. Em razão disso e outros fatores, é que o seu controle se faz necessário na ETA.

Quadro 2 – Padrão organoléptico de potabilidade – Portaria nº 2.914/2011

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP
Alumínio	7429-90-5	mg.l ⁻¹	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg.l ⁻¹	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg.l ⁻¹	250
Cor Aparente ⁽¹⁾		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg.l ⁻¹	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg.l ⁻¹	0,03
Dureza total		mg.l ⁻¹	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg.l ⁻¹	0,2
Ferro	7439-89-6	mg.l ⁻¹	0,3
Gosto e odor		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg.l ⁻¹	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg.l ⁻¹	0,12
Sódio	7440-23-5	mg.l ⁻¹	200
Sólidos dissolvidos totais		mg.l ⁻¹	1000
Sulfato	14808-79-8	mg.l ⁻¹	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg.l ⁻¹	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg.l ⁻¹	0,5
Tolueno	108-88-3	mg.l ⁻¹	0,17
Turbidez ⁽⁴⁾		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg.l ⁻¹	5
Xilenos	1330-20-7	mg.l ⁻¹	0,3

Fonte: Ministério da Saúde, 2011.

NOTAS: ⁽¹⁾ Unidade Hazen (mgPt-Co.l⁻¹).

2.6.2 Análise microbiológica da água

A água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Como indicadores de contaminação fecal, são eleitas como bactérias de referência as do grupo coliforme tendo como o principal representante desse grupo de bactérias *Escherichia coli*. A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores:

- a. São encontradas nas fezes de animais de sangue quente, inclusive dos seres humanos.
- b. São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água.
- c. Sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta.
- d. Tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas.
- e. São mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que bactérias patogênicas.” (FUNASA, 2013, p. 10).

A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 estabelece que seja verificada na água para consumo humano, a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* e determinada a contagem de bactérias heterotróficas.

Coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (FUNASA, 2013)

Coliformes termotolerantes é um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. Sendo a *Escherichia coli* uma bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo considerado o mais específico indicador de

contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (FUNASA, 2013).

A Contagem Padrão de Bactérias é muito importante durante o processo de tratamento da água, visto que permite avaliar a eficiência das várias etapas do tratamento. Em virtude disso é importante, também, conhecer a densidade de bactérias, tendo em vista que um aumento considerável da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos coliformes. Embora a maioria dessas bactérias não seja patogênica, pode representar riscos à saúde, como também deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis (FUNASA, 2013). O Quadro 3, a seguir, demonstra o padrão microbiológico da água para consumo humano de acordo com a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

Quadro 3 – Padrão microbiológico da água para consumo humano – Portaria nº 2.914/2011

Tipo de água		Parâmetro		VMP
Água para consumo humano		<i>Escherichia coli</i> ⁽¹⁾		Ausência em 100 ml
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ⁽²⁾		Ausência em 100 ml
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	<i>Escherichia coli</i>		Ausência em 100 ml
		Coliformes totais ⁽³⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 ml em 95% das amostras examinadas no mês.

Fonte: Ministério da Saúde, 2011

NOTAS:⁽¹⁾ Indicador de contaminação fecal.

⁽²⁾ Indicador de eficiência de tratamento.

⁽³⁾ Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede)

2.7 Tratamento de água convencional

É importante destacar que independentemente do modo que a água seja retirada do seu manancial, deve-se proceder a sua desinfecção (ABAS, 2005).

O tratamento de água consiste em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas, a fim de que se torne adequada ao consumo humano. Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser, em princípio, transformada em água potável, porém, os custos envolvidos e a confiabilidade na operação e manutenção podem inviabilizar o uso de um determinado corpo d'água como fonte de abastecimento (FUNASA, 2015).

Existe uma relação intrínseca entre o meio ambiente e as tecnologias de tratamento, isto é, em função da qualidade da água de um determinado manancial e suas relações com o meio ambiente, há tecnologias específicas para que o tratamento seja eficientemente realizado. Nem toda água requer tratamento para abastecimento público, depende da sua qualidade em comparação com os padrões de consumo e também da aceitação dos usuários (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

Normalmente as águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, porque se apresentam com qualidades físicas e bacteriológicas impróprias, em virtude de sua exposição contínua a uma gama muito maior de processos de poluição. Apenas na captação superficial de águas de nascentes, a simples proteção das cabeceiras e o emprego de um processo de desinfecção, podem garantir uma água de boa qualidade do ponto de vista de potabilidade. Também pode-se comentar que águas de grandes rios, embora não satisfazendo pelo seu aspecto físico ou em suas características organolépticas, podem ser relativamente satisfatórias, sob os pontos de vista químico e bacteriológico, quando a captação se localiza em pontos menos sujeitos à contaminação (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

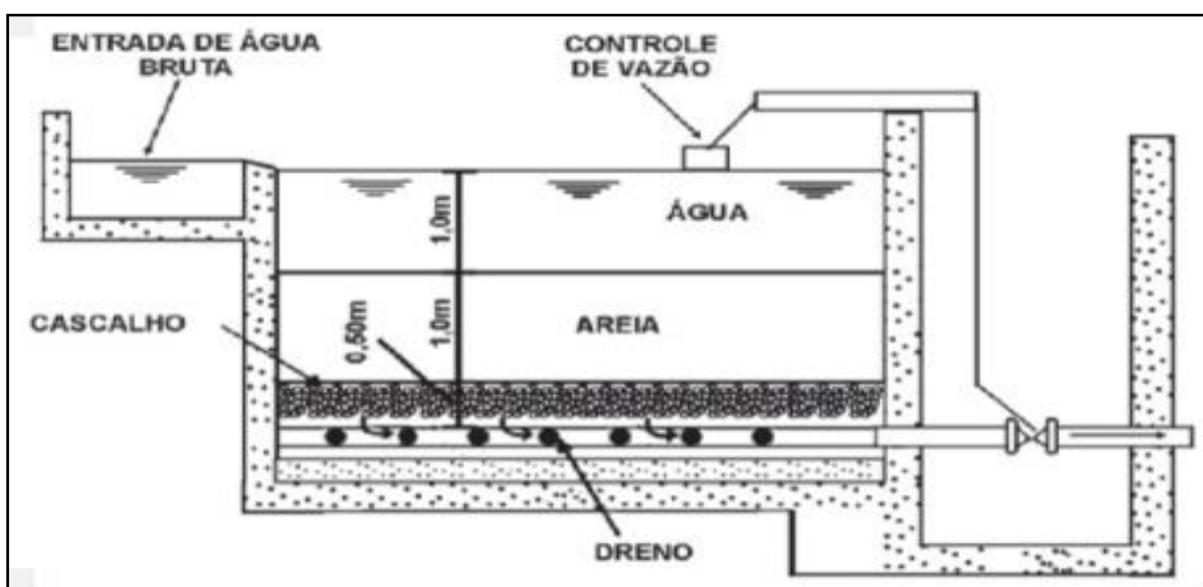
A qualidade físico-química e microbiológica da água obtida no manancial definirá o método de tratamento necessário para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente no país (FUNASA, 2015).

As tecnologias de tratamento de água podem ser divididas em dois grupos: sem coagulação química e com coagulação química. Dependendo da qualidade da água bruta, ambos os grupos podem ou não ser precedidos de pré-tratamento ou requererem complementações com tratamentos específicos. Sobre o tratamento em

sistemas de abastecimento de água sem coagulante destaca-se a filtração lenta e a filtração em múltiplas etapas (FUNASA, 2013).

A filtração lenta é um processo de tratamento utilizada há séculos e ainda considerada eficiente que, através da passagem da água por um meio granular, geralmente areia, possibilita a melhoria de suas características químicas, físicas e biológicas, a ponto de torná-la adequada para consumo humano, após desinfecção final. (SÁ; BORGES; BRANDÃO, 2004). A Figura 9, a seguir, apresenta corte do filtro lento detalhado.

Figura 9 – Corte do filtro lento detalhado



Fonte: Heller e Casseb, 2001 (Adaptado pelo autor)

O processo de filtração lenta apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias: simplicidade na construção e operação, não exige equipamentos sofisticados, nem operadores altamente qualificados, por poderem ser utilizados recursos locais e de não precisar de dosagem de produtos químicos para a coagulação. É um método de tratamento da água adotado principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam baixos teores de turbidez e cor, muito embora seja usado em grandes cidades ao redor do mundo (SÁ; BORGES; BRANDÃO, 2004).

A Filtração em Múltiplas Etapas (FiME) é uma forma de tratamento lento que utiliza um sistema de construções simples, com instalações de baixo custo nas quais a instrumentação pode ser praticamente eliminada. Além disso, é uma tecnologia adequada às zonas rurais e pequenos e médios municípios. Quando

devidamente selecionada, projetada, construída e operada, a FiME produz água filtrada com baixa turbidez, sem a presença de impurezas nocivas e livre de organismos patogênicos (FUNASA, 2013).

Na filtração em múltiplas etapas, a água passa por diferentes etapas de tratamento, em cada qual ocorrendo uma progressiva remoção de substâncias sólidas. O princípio básico é o de cada etapa preparar seu efluente de forma adequada para ser submetido ao tratamento posterior, sem sobrecarregá-lo, ou seja, impedindo uma colmatação muito frequente de seu meio granular e assegurando um efluente com características compatíveis com o processo de tratamento adotado. As etapas de tratamento da FiME são constituídas, em sequência, pela pré-filtração dinâmica, pré-filtração grosseira e filtração lenta (BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 2010).

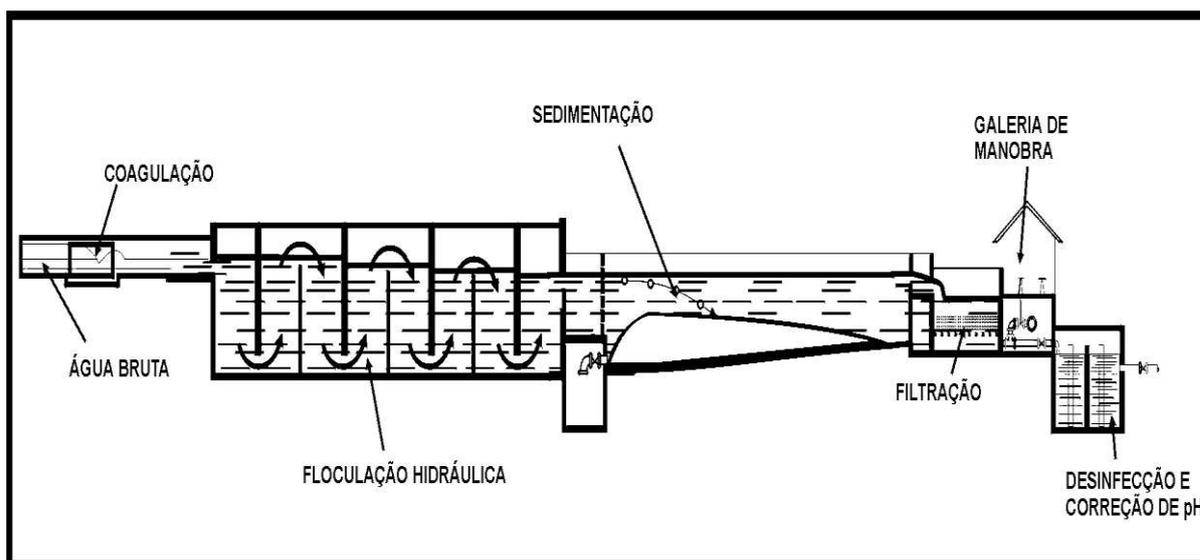
A filtração lenta e a cloração são os principais processos capazes de assegurar a produção de água com qualidade adequada ao consumo humano no tratamento sem coagulação química. A turbidez da água bruta não deve ser superior a 10 uT, pois a eficiência da filtração lenta pode ser comprometida. Em casos como este, a pré-filtração possibilita a redução das impurezas da água antes da filtração lenta. Esta estação de tratamento sem coagulação química pode ser constituída de pré-filtro dinâmico, pré-filtro de pedregulho com escoamento ascendente ou descendente, pré-filtro com escoamento horizontal e filtros lentos (FUNASA, 2015).

Coagulação é a alteração físico-química de partículas coloidais da água, caracterizada principalmente por cor e turbidez, produzindo partículas que possam ser removidas por processo físico de separação, usualmente a sedimentação. A coagulação é um processo constituído de duas fases subseqüentes, sendo a primeira a própria coagulação, que envolve a aplicação de coagulantes químicos com a finalidade de reduzir as forças que mantêm separadas as partículas em suspensão, e a segunda fase que corresponde à floculação que promove colisões entre as partículas previamente desestabilizadas na coagulação formando partículas de maior tamanho (FUNASA, 2015).

A coagulação e a floculação desempenham um papel dominante na cadeia de processos de tratamento de água, principalmente na preparação da decantação ou da flotação e, assim, na filtração que se segue. O sucesso dos outros processos depende, portanto, de uma coagulação bem-sucedida. Por esse motivo, a coagulação tem sido objeto de extensivos estudos e pesquisas no decorrer do século (RICHTER, 2009).

A principal tecnologia de tratamento de água com uso de coagulante químico é o tratamento em ciclo completo, também chamado de convencional, contém o maior número de unidades de tratamento, a coagulação, floculação, decantação ou flotação e filtração descendente, de acordo com o ilustrado pela Figura 10. Podendo ser completada com fluoretação e correção de pH, sendo obrigatória a desinfecção (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Figura 10 – Sequência do tratamento em ciclo completo



Fonte: Heller e Casseb, 2001 (Adaptado pelo autor)

Na unidade de mistura rápida, dar-se início com o processo da coagulação para o tratamento da água, reduzindo a força que mantem as partículas separadas. O início do ressalto hidráulico é o ponto ideal para a dosagem dos compostos químicos coagulantes, em função da turbulência da água nesse local, facilitando a dispersão dos coagulantes (FUNASA, 2015).

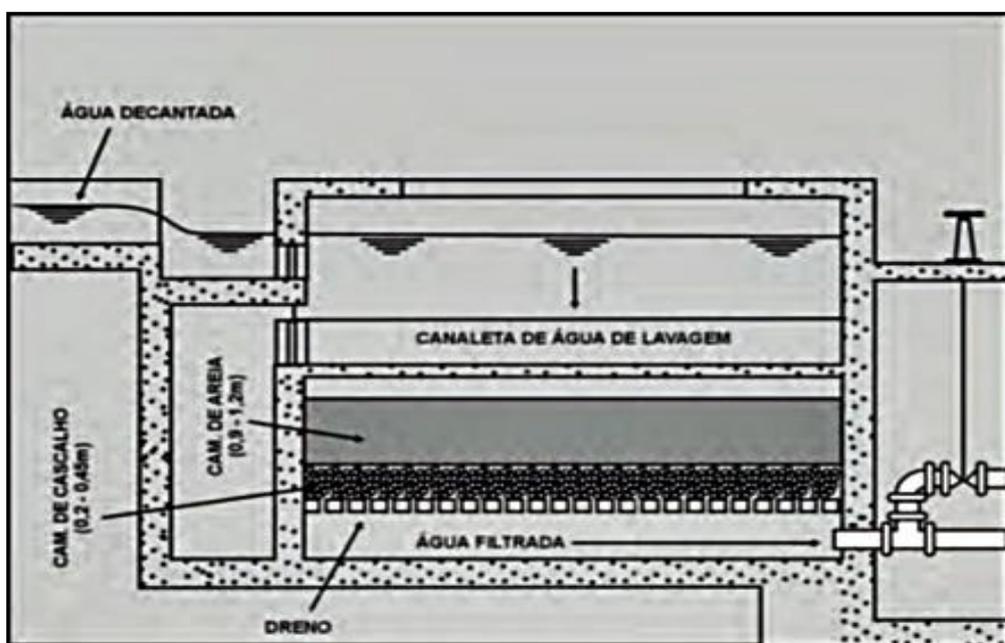
As reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilitam a aglomeração das impurezas presentes na água, formando os flocos na unidade de floculação. Nesta unidade de floculação não ocorre remoção de matéria suspensa presente na água, a finalidade é apenas acondicionar a água que será encaminhada aos decantadores (ou flotores) da ETA (FUNASA, 2015).

A etapa denominada decantação é onde ocorre a separação das partículas suspensas mais pesadas formadas durante a floculação no meio líquido, diminuindo-se a velocidade de escoamento das águas e por efeito da força da gravidade apresentam um movimento descendente, depositando-se no fundo dos tanques

decantadores formando uma massa sólida denominado lodo (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Na etapa de filtração rápida ocorre a clarificação final da água, com a remoção da maior parte de partículas em suspensão não retidas no decantador. Isto ocorre devido a passagem da água através do leito granular das unidades de filtração. É nesta etapa que as partículas mais finas e leves, que não foram retidas nos decantadores são removidas da água. É considerado como um processo final de remoção de impurezas na ETA, portanto é um dos responsáveis pelo cumprimento dos padrões de potabilidade da água. A Figura 11, a seguir, demonstra um corte de filtro rápido.

Figura 11 – Corte de filtro rápido



Fonte: Heller e Casseb, 2001 (Adaptado pelo autor)

Neste estágio de tratamento, quando a operação é bem conduzida, a água filtrada encontra-se com aspecto límpido e elevado grau de remoção de bactérias. A seguir, a Figura 12, ilustra uma Estação de Tratamento de Água.

Figura 12 – Estação de Tratamento de Água



Fonte: Diário de Goiás, 2017

2.8 Tratamentos específicos

Os tratamentos específicos são tecnologias que podem ser empregadas para complementar e/ou auxiliar os tratamentos que utilizem ou dispensem o uso de coagulantes químicos.

2.8.1 Aeração

A água retirada de poços, fontes ou regiões profundas de grandes represas, pode ter ferro e outros elementos dissolvidos, ou ainda ter perdido o oxigênio em contato com as camadas que atravessou e, em consequência, seu gosto ser desagradável. Torna-se necessário, portanto, arejá-la para que melhore sua qualidade. A aeração é também usada para a melhoria da qualidade biológica da água e como parte de tratamentos mais completos. Para as pequenas instalações, a aeração pode ser feita no próprio reservatório de água; basta que este seja bem ventilado e que, ao passar para o reservatório, a água seja forçada a uma queda livre (FUNASA, 2015).

2.8.2 Correção da dureza

A dureza da água se deve à presença de sais de cálcio e magnésio sob forma de carbonatos, bicarbonatos e sulfatos. É dita temporária quando desaparece com o calor e permanente quando não desaparece com o calor. Normalmente,

reconhece-se que uma água é mais dura ou menos dura pela maior ou menor facilidade que se tem de obter, com ela, espuma de sabão. A água dura tem uma série de inconvenientes: é desagradável ao paladar, gasta muito sabão para formar espuma, dá lugar a depósitos perigosos nas caldeiras e aquecedores, deposita sais em equipamentos, mancha louças. Para a remoção de dureza da água, usam-se os processos da cal-soda, dos zeólitos e osmose inversa (BERNARDO; BRANDÃO; HELLER, 2010).

2.8.3 Remoção de ferro

O processo utilizado para a remoção do ferro da água depende da forma que este se apresenta. Para águas limpas que prescindem de tratamento químico, como as águas de poços, fontes, galerias de infiltração, contendo bicarbonato ferroso dissolvido (na ausência de oxigênio), pode-se utilizar a simples aeração (FUNASA, 2015).

Os métodos usualmente empregados para remoção de manganês e de ferro incluem a formação de precipitado e filtração, troca iônica e estabilização com polifosfatos. No caso de formação de precipitado e filtração, pode ser empregada a aeração, sedimentação e filtração, ou a oxidação com permanganato de potássio, cloro e dióxido de cloro, seguida de filtração. Se o ferro estiver presente junto com a matéria orgânica, as águas, em geral, não dispensarão o tratamento de ciclo completo iniciando por aeração ou oxidação (FUNASA, 2015).

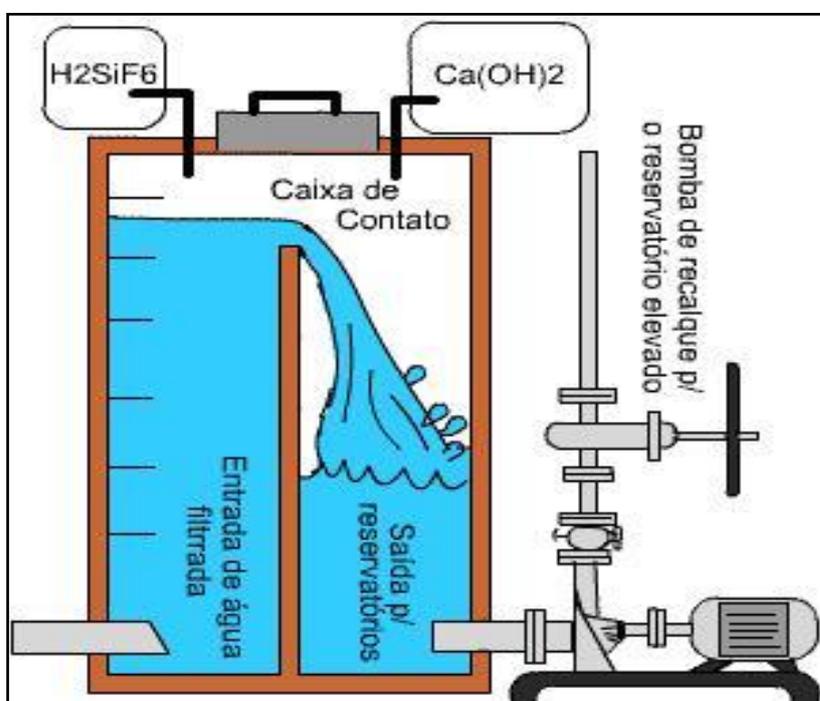
2.8.4 Correção do pH

Durante o tratamento, é necessário verificar o pH da água, para a redução do valor do pH normalmente empregam-se ácidos minerais, como o clorídrico e sulfúrico. Mas, geralmente a água entra em contato com produtos químicos que conferem características ácidas e tornando-se necessária sua correção. A soda cáustica (hidróxido de sódio), a cal hidratada (hidróxido de cálcio) e a barrilha (carbonato e bicarbonato de sódio) são produtos químicos mais utilizados no tratamento de água para esse tipo de correção do pH (CESAN, 2013).

Pode-se apresentar como principal vantagem da soda cáustica a sua elevada solubilidade, possibilitando uma operação mais simples do sistema de dosagens. A cal hidratada é mais barata, mas a sua baixa solubilidade e a presença

de impurezas como a areia, que provoca corrosão em sistemas de recalque, prejudicam o seu uso. Existe uma cal hidratada especial para uso no tratamento de águas, com pureza elevada. A cal hidratada tem a vantagem, em relação à soda caustica, de apresentar o íon cálcio, que é bivalente. Isto pode ser importante quando se deseja a ocorrência de floculação, além da alteração do pH. A barrilha é mais cara, mas apresenta a vantagem de produzir “efeito tampão”, sendo utilizada em reatores anaeróbios desequilibrados, onde além da elevação do pH se deseja sua manutenção naquele patamar mais elevado, a Figura 13 a seguir mostra a utilização de cal hidratada.

Figura 13 – Correção da acidez



Fonte: AQUASTORE, 2017

2.8.5 Remoção de odor e gosto desagradáveis

Esta etapa é de maior ou menor importância, depende da natureza das substâncias que os provocam, conforme o teor de matéria orgânica presente na água seja mais ou menos elevado. Como métodos gerais, usam-se: carvão ativado, filtração lenta e tratamento de ciclo completo. Em algumas águas subterrâneas, o odor de gás sulfídrico desaparece com a aeração (AQUAAMBIENTE, 2004).

2.8.6 Desinfecção

A desinfecção constitui-se na etapa do tratamento da água, cuja função precípua consiste na inativação dos microrganismos patogênicos, realizada por intermédio de agentes físicos e/ou químicos. Ainda que nas demais etapas do tratamento haja redução do número de micro-organismos presentes na água, a desinfecção é operação unitária obrigatória (FUNASA, 2015).

Tecnicamente, aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas, a fim de garantir o padrão de qualidade microbiológico. Na prática, a simples desinfecção, sem outro tratamento, é aplicada muito frequentemente, como é o caso das águas de vertentes ou nascentes, águas de fontes ou de poços protegidos (FUNASA, 2015).

O cloro é o desinfetante comumente empregado e considerado eficaz, pois age sobre os microrganismos patogênicos presentes na água, não é nocivo ao homem na dosagem de 0,5 a 1ppm requerida para desinfecção, é econômico, não altera outras qualidades da água depois de aplicado, não requer operação complexa para sua aplicação e mantém um residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de ser aplicado (FUNASA, 2014).

2.8.7 Fluoretação

Com a descoberta da importância dos sais de flúor na prevenção da cárie dental, quando aplicados aos indivíduos na idade suscetível, isto é, até aos 14 anos de idade, e em ordem decrescente de efetividade à medida que aumenta a idade da criança, generalizou-se a técnica de fluoretação de abastecimento público como meio mais eficaz e econômico de controle da cárie dental. As aplicações no abastecimento de água se fazem por meio de aparelhos dosadores, sendo usados o fluoreto de sódio, o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico.

2.8.8 Tratamento de água no domicílio: solução individual

Segundo a Funasa (2014), para muitas populações que não contam com sistema de abastecimento de água, a utilização de métodos alternativos para tratamento e desinfecção é de suma relevância, e os estudos e pesquisas nessa linha são necessários e pertinentes, por permitirem que em função de realidades locais, possam ser consideradas as alternativas tecnológicas mais apropriadas e passíveis

de aplicação. As alternativas aqui trazidas fazem parte do Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Funasa e de pesquisas realizadas em instituições de ensino e pesquisa no Brasil.

a) Dessalinização: pirâmide solar com cobertura de vidro.

A dessalinização térmica é um dos processos mais antigos, imitando a circulação natural da água. O modo mais simples, a “destilação solar”, é utilizada em lugares quentes, com a construção de grandes tanques cobertos com vidro ou outro material transparente, onde a luz solar atravessa o vidro, a água bruta evapora, os vapores se condensam na parte interna do vidro, transformando-se novamente em água, que escorre para um sistema de recolhimento.

b) Remoção parcial de flúor: filtro de carvão ativado de osso bovino.

O flúor é adicionado à água de abastecimento público em concentração adequada devido a sua ação como inibidor da cárie, entre 0,6 e 0,8mg.l⁻¹. Entretanto, o consumo prolongado de água com concentração excessiva de íons fluoreto, pode resultar, em crianças, numa patologia denominada fluorose dental e em concentrações extremas a fluorose esquelética, possuindo níveis maiores que 1,5mg.l⁻¹. O problema de saúde pública, associado ao excesso de íons fluoreto na água, ocorre principalmente quando a população não dispõe de outras fontes de abastecimento.

2.8.9 Estações compactas

São unidades pré-fabricadas, que reúnem todas as etapas necessárias ao processo de purificação da água, normalmente são transportadas e montadas na localidade de implantação do sistema e torna-se necessário a construção uma casa de química. As principais vantagens da instalação de estações compactas são a redução nos prazos de implantação do sistema e a possibilidade de deslocamento da estação para atender a outros sistemas. Normalmente são confeccionadas em chapas de aço com proteção e fibra de vidro ou materiais plásticos como PVC e polietileno, como mostra a Figura 14 a seguir (FUNASA, 2015).

Figura 14 – Estação de tratamento de água compacta



Fonte: TEGA Engenharia, 2017

2.8.10 Dosador Eletrônico

O dosador eletrônico é um tratamento específico por meio de um aparelho que pode ser instalado logo após a captação ou durante a reservação, preferencialmente em local protegido, sendo de significativa importância para os estabelecimentos que utilizam o abastecimento proveniente de manancial subterrâneo. Também chamado de bomba dosadora, pode ser utilizado em estabelecimento que não possuem muito espaço, como necessita a estação de tratamento compacta. A dosagem é feita de forma eficaz, precisa e contínua, dependendo da necessidade pode corrigir até 5 parâmetros e analisar a temperatura da água, porém é mais comumente encontrado no mercado aparelhos que dosam cloro e façam a correção do pH. A seguir, alguns tipos de dosadores estão ilustrados na Figura 15.

Figura 15 – Dosador eletrônico



Fonte: Via Filtros, 2017; RDA Equipamentos, 2017; EMEC, 2017 (Adaptado pelo autor)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo é a cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, localizada ao Norte deste estado, nas coordenadas 2° 31' 4" S e 44° 18' 10" W, limitando-se com o Oceano Atlântico, ao Norte; com o Estreito dos Mosquitos, ao Sul; com a Baía de São Marcos, a Oeste; e com a Baía de São José, a Leste.

As amostras foram coletadas em três condomínios distintos de São Luís em bairros diferentes. A amostra 01 foi coletada no Condomínio Itapiracó, localizado no bairro do Turu. A amostra 02 foi coletada no Condomínio Lourdes Carneiro, localizado no bairro do Renascença. A amostra 03 foi coletada no Condomínio Ecopark VI, localizado no bairro do Anil.

3.2 Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento desse estudo fundamentou-se em pesquisa bibliográfica, em pesquisa de campo, em discussões de cunho teórico-prático sobre o assunto e proposição de solução técnica.

A pesquisa bibliográfica sobre o saneamento, a potabilidade e o tratamento da água em sistemas de distribuição foi realizada em livros, artigos, apostilas, dissertações, teses, normas técnicas, manuais e websites que discorrem sobre o tema.

A pesquisa de campo permitiu a coleta de dados, visando à verificação do tratamento existente e às análises físico-químicas e microbiológicas da água. A coleta de água ocorreu conforme o Manual Técnico para Coleta de Amostras de Água permite, com garrafas de água mineral, onde eram abertas e esvaziadas na hora da coleta, evitou-se o contato com a água proveniente do poço, para que esta não fosse contaminada. A amostra 01 foi coletada na alimentação do reservatório do Condomínio Itapiracó, a amostra 02 foi coletada na alimentação da cisterna do Condomínio Lourdes Carneiro, e a amostra 03 foi coleta em torneira que possuía alimentação direta do poço devido a impossibilidade de coleta na alimentação do reservatório.

Após a coleta, cada amostra de água seguiu para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água no Centro de Ciências Agrárias na Universidade

Estadual do Maranhão, em intervalos menores que 2 horas. As análises físico-químicas seguiram a metodologia indicada no Manual Prático de Análise de Água da FUNASA e as análises microbiológicas foram realizadas conforme o Método Colilert da empresa IDEXX.

Os parâmetros da análise físico-química são: Cálcio, Magnésio, Dureza total, Alcalinidade Total, Cloretos, pH, aspectos organolépticos e a Turbidez. Fora analisado a microbiologia das amostras de água os seguintes parâmetros: Coliformes Totais, *Escherichia coli* e o Total de bactérias heterotróficas.

A verificação dos resultados das análises da água versus respectiva potabilidade fora feita por meio de discussão de cunho teórico-prático, apresentando-se os resultados em tabelas. Os resultados obtidos foram discutidos, com o intuito de verificar se a água distribuída nestes condomínios, em São Luís, está de acordo com as exigências indicadas pela literatura técnica e com a legislação ambiental brasileira.

Por fim, conforme o resultado das análises, foi proposto uma solução técnica, um tratamento de água simplificado utilizando dosador eletrônico, propondo-se operações e processos unitários para que a água distribuída nos sistemas atenda aos padrões de potabilidade vigentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análises de água

As tabelas a seguir mostram os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas obtidos dos três condomínios estudados, bem como o máximo permitido pela Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, e se estes parâmetros estão aceitáveis ou não.

As Tabelas 2 e 3 revelam os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da Amostra 01, referente ao Condomínio Itapiracó.

Tabela 2 – Análise físico-química Amostra 01

Parâmetro	Unidade	Resultado Amostra	VMP	Situação
Cálcio	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Magnésio	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0,0	≤ 500,0	ACEITÁVEL
Alcalinidade em OH-	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade em CO ₃ -	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade em HCO ₃ -	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Cloretos	mg/L Cl-	3,9	≤ 250	ACEITÁVEL
Ph	-	3,63	6,0 a 9,5	NÃO ACEITÁVEL
Turbidez	U.N.T	0,07	≤ 5,0	ACEITÁVEL
Odor	-	Não objetável	Não objetável	ACEITÁVEL
Aspecto	-	Não objetável	Não objetável	ACEITÁVEL

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, 2017 (Adaptado pelo autor)

Tabela 3 – Análise microbiológica Amostra 01

Parâmetro	Unidade	Resultado Amostra	VMP	Situação
Coliformes Totais	NMP/100 mL	2	≤ 1,0	NÃO ACEITÁVEL
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	≤ 1,0	ACEITÁVEL
Total de bactérias heterotróficas	UFC/mL	100	≤ 500,0	ACEITÁVEL

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, 2017 (Adaptado pelo autor)

Conforme os resultados obtidos nas análises, a água do poço que abastece o Condomínio Itapiracó não está de acordo para o consumo segundo a Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

O valor do pH encontrado de 3,63 é muito baixo, tendo em vista que o mínimo recomendado é de 6 pela Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, tornando a água muito ácida podendo causar irritações nos olhos, pele e mucosas nos usuários, além de danificar as tubulações devido ao processo de corrosão da água.

A presença de Coliformes Totais encontrados na análise indica a contaminação da água por agentes fecais, sendo este um fator de alerta, tornando necessário a investigação da fonte de poluição do manancial, pois pode-se gerar aos usuários doenças de gastroenterites e infecções urinárias em mulheres.

As Tabelas 4 e 5 revelam os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da Amostra 02, referente ao Condomínio Lourdes Carneiro.

Tabela 4 – Análise físico-química Amostra 02

Parâmetro	Unidade	Resultado Amostra	VMP	Situação
Cálcio	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Magnésio	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0,0	≤ 500,0	ACEITÁVEL
Alcalinidade em OH-	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade em CO ₃ -	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade em HCO ₃ -	mg/L CaCO ₃	20,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	20,0	NC	ACEITÁVEL
Cloretos	mg/L Cl-	9,99	≤ 250	ACEITÁVEL
pH	-	6,5	6,0 a 9,5	ACEITÁVEL
Turbidez	U.N.T	0,04	≤ 5,0	ACEITÁVEL
Odor	-	Não objetável	Não objetável	ACEITÁVEL
Aspecto	-	Não objetável	Não objetável	ACEITÁVEL

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, 2017 (Adaptado pelo autor)

Tabela 5 – Análise microbiológica Amostra 02

Parâmetro	Unidade	Resultado Amostra	VMP	Situação
Coliformes Totais	NMP/100 mL	0	≤ 1,0	ACEITÁVEL
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	≤ 1,0	ACEITÁVEL
Total de bactérias heterotróficas	UFC/mL	100	≤ 500,0	ACEITÁVEL

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, 2017 (Adaptado pelo autor)

Os resultados obtidos nas análises físico-química e microbiológica da água do poço que abastece o Condomínio Lourdes Carneiro mostram que a água está própria para o consumo de acordo com a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, sendo o pH o parâmetro que possui a menor margem, com o valor de 6,5, próximo ao mínimo exigido pela Portaria. Pelo fato da análise microbiológica mostrar ausência de coliformes, pressupõem-se que não há fonte de contaminação localizada próximo ao poço.

As Tabelas 6 e 7 revelam os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas da Amostra 02, referente ao Condomínio Ecopark VI.

Tabela 6 – Análise físico-química Amostra 03

Parâmetro	Unidade	Resultado Amostra	VMP	Situação
Cálcio	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Magnésio	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0,0	≤ 500,0	ACEITÁVEL
Alcalinidade em OH-	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade em CO ₃ -	mg/L CaCO ₃	0,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade em HCO ₃ -	mg/L CaCO ₃	172,0	NC	ACEITÁVEL
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	172,0	NC	ACEITÁVEL
Cloretos	mg/L Cl-	48,98	≤ 250	ACEITÁVEL
pH	-	6,64	6,0 a 9,5	ACEITÁVEL
Turbidez	U.N.T	0,01	≤ 5,0	ACEITÁVEL
Odor	-	Não objetável	Não objetável	ACEITÁVEL
Aspecto	-	Não objetável	Não objetável	ACEITÁVEL

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, 2017 (Adaptado pelo autor)

Tabela 7 – Análise microbiológica Amostra 03

Parâmetro	Unidade	Resultado Amostra	VMP	Situação
Coliformes Totais	NMP/100 mL	0	≤ 1,0	ACEITÁVEL
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	≤ 1,0	ACEITÁVEL
Total de bactérias heterotróficas	UFC/mL	100	≤ 500,0	ACEITÁVEL

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água, 2017 (Adaptado pelo autor)

Os resultados obtidos nas análises físico-química e microbiológica da água do poço que abastece o Condomínio Ecopark VI mostram que a água está própria para o consumo de acordo com a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, sendo o pH o parâmetro que possui a menor margem, com o valor de 6,64, próximo ao mínimo exigido pela Portaria. Pelo fato da análise microbiológica mostrar ausência de coliformes, pressupõem-se que não há fonte de contaminação localizada próximo ao poço.

As análises realizadas nestes condomínios mostraram que a qualidade da água proveniente de mananciais subterrâneos em sua maioria possui qualidade adequada para consumo humano, os Condomínios Lourdes Carneiro e Ecopark IV apresentaram qualidade da água satisfatória para distribuição. Porém no Condomínio Itapiracó a água consumida apresenta dois parâmetros em desacordo com a norma, portanto torna-se necessário uma nova análise de água para se confirmar os resultados obtidos, pois caso se confirme esta água pode gerar doenças e desconforto a quem utiliza, deste modo para que a água a ser consumida seja potável, será proposta uma solução técnica no item a seguir.

4.2 Proposição de sistema de tratamento de água simplificado

Como visto no referencial teórico, a qualidade da água deve atender as exigências da Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, para isto, analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos torna-se indispensável. De acordo com a análise dos condomínios, verificou-se que o Condomínio Itapiracó não atendeu aos padrões de potabilidade na análise físico-química, quanto na análise microbiológica, portanto torna-se necessário uma nova análise de água para se confirmar os resultados obtidos, desta forma, confirmando-se os resultados torna-se necessário a correção de pH e eliminar a presença de coliformes totais encontrados.

A manutenção e limpeza são importantes para manter a qualidade e a estabilidade de um poço, bem como da bomba nele instalado e principalmente da água que será fornecida. Conforme dito no referencial teórico, o tratamento da água visa melhorar as suas características para o consumo humano. Para o tratamento da água no Condomínio Itapiracó, será adotado a utilização de um dosador eletrônico simples, com utilização de cloro e cal hidratada.

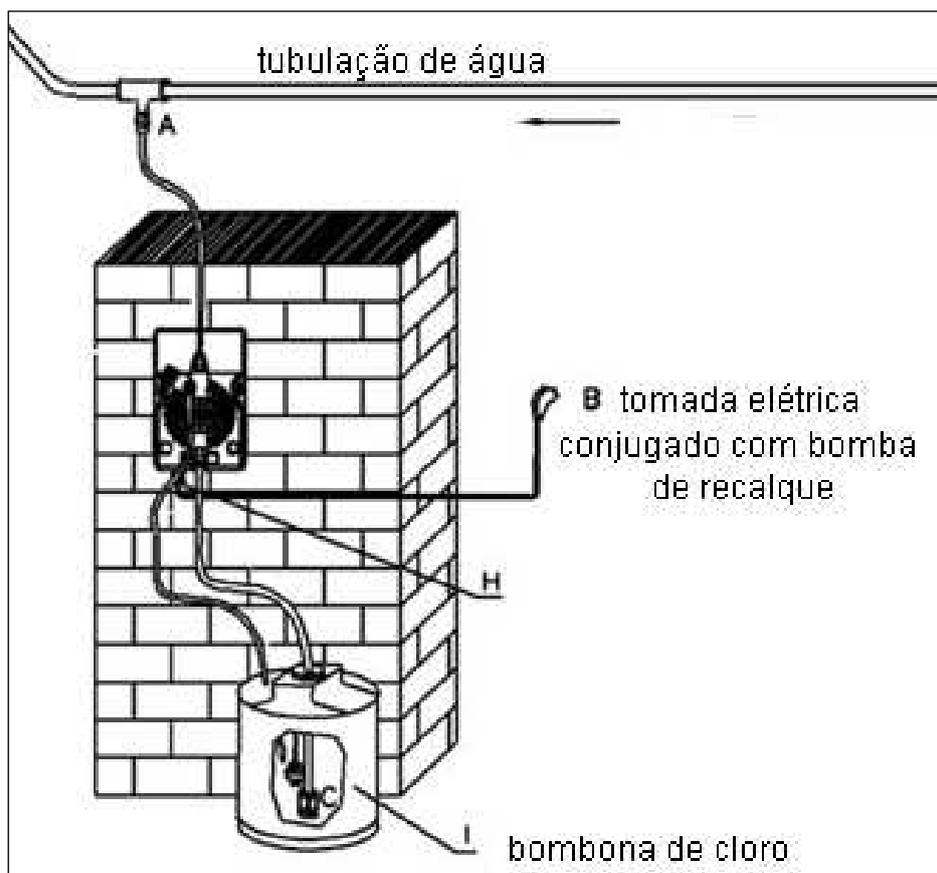
A escolha do dosador eletrônico baseia-se na necessidade de tratamento de dois parâmetros que com uma simples limpeza poderá não ser suficiente, assim para a manutenção do pH neutro e a eliminação de coliformes totais precisam de tratamento contínuo.

A desinfecção utilizando o cloro é a mais indicada para se fazer o controle microbiológico, pois age na maioria dos microrganismos patogênicos existentes na água, não é nocivo ao homem quando dosado corretamente, é econômico e não altera outras qualidades da água depois de utilizado. O dosador eletrônico deve manter 1ppm de cloro na água que chega ao reservatório para sua desinfecção.

Para a correção da elevação de pH, o composto mais indicado é a cal hidratada, devido ao fato de ser mais viável economicamente e poder ser utilizada em conjunto com o cloro, tanto que é utilizado em estações de tratamento convencionais. O dosador eletrônico irá adicionar cal até o pH estar neutro.

A instalação do dosador eletrônico deve ser feita em local seguro, juntamente com galão para armazenamento da substância que será dosada e alimentação elétrica. O sistema de tratamento custaria em torno de 1 mil reais, considerando aquisição mais instalação, sendo vendido em vários modelos e especificações, dependendo apenas da demanda de vazão e quantidade de parâmetros necessários para correção. A seguir na Figura 16, mostra uma possível forma de instalação dos dosadores na tubulação utilizando uma conexão Tê na tubulação que alimenta o reservatório.

Figura 16 – Instalação do Dosador Eletrônico



Fonte: RDA Equipamentos, 2017

5 CONCLUSÃO

Este estudo apresenta grande relevância regional, por ser um dos primeiros a analisar o tratamento e a potabilidade da água distribuída em condomínios residenciais populares na cidade de São Luís – MA propondo um sistema de tratamento de água simplificado.

Partindo do conceito de saúde estabelecido pela OMS, como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, entende-se a grande importância do estabelecimento de um serviço de saneamento básico adequado, visto que é um fator de importante disseminação de doenças, o que acarreta problemas sociais, ambientais e financeiros ao país.

Para que uma água seja considerada potável, é preciso que seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos estejam de acordo com os padrões de qualidade definidos por legislação própria; ressaltando assim a necessidade do desenvolvimento de estratégias adequadas de saneamento, em prol da proteção da saúde populacional.

No presente trabalho, a água coletada era proveniente de fontes subterrâneas; tais fontes em sua maioria apresentam qualidade suficiente ao uso humano, não necessitando da mesma intensidade de tratamento das águas superficiais para o consumo populacional, porém problemas na construção e a falta de manutenção podem comprometer diretamente sua qualidade. Convém, então, aumentar a fiscalização por parte dos órgãos públicos, para que haja maior controle na implantação destas estruturas, além de monitoramento acerca da conservação dos poços e a averiguação periódica de sua qualidade; tais estratégias visam a promoção de saúde.

As análises laboratoriais realizadas no presente estudo demonstram que houve uma inadequação da qualidade da água em um dos condomínios avaliados, portanto torna-se necessário uma nova análise de água para se confirmar os resultados obtidos, e como proposto inicialmente foi buscado opções de tratamentos, buscando não somente a eficaz correção dos parâmetros não aceitáveis, mas também a viabilidade do método como por exemplo baixos custos e fácil implementação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: [s.n.], 2007.

AMARAL, A. M. P.; SHIROTA, R. **Consumo total e residencial de água tratada**. Piracicaba: [s.n.], 2000.

AQUAAMBIENTE. **Tratamento Águas Potáveis**, 2004. Disponível em: <<http://mariorebola.com/home/wp-content/uploads/2011/09/AquaAmbiente-Tratamento-de-%C3%81gua-Pot%C3%A1vel.pdf>>.

AQUASTORE. **Desinfecção e Cloração**, 2017. Disponível em: <<http://www.aquastore.com.br/default.aspx?code=63>>. Acesso em: 10 out 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Orientações para a utilização de águas subterrâneas**. São Paulo: [s.n.], 2005.

_____. **Águas Subterrâneas, o que são?**, 2015. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 2 jul 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Situação do Saneamento Básico no Brasil, uma análise com base na PNAD 2015**, 2017. Disponível em: <<http://abes-dn.org.br/>>. Acesso em: 18 set 2017.

BARBOSA JR., A. R. **Elementos de Hidrologia Aplicada**, 2013. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%208/Hidraulica%20de%20Pocos_Anteor%20R%20Barbosa%20Jr.pdf>. Acesso em: 8 out 2017.

BERNARDO, L. D.; BRANDÃO, C. C. S.; HELLER, L. **Tratamento de água de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**, 2010. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000058/0000586C.pdf>>. Acesso em: 9 out 2017.

BOVOLATO, L. E. **Saneamento Básico e Saúde**, 2012. Disponível em: <<http://www.uft.edu.br/revistaescritas/sistema/uploads/saneamento-bacc81sico-e-saucc81de.pdf>>. Acesso em: 7 out 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 3 out 2017.

BRASIL. LEI Nº 11.445, DE 5 DE JAN. DE 2007. **Lei do Saneamento Básico**, 5 jan 2007. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-norma-549031-norma-atualizada-pl.pdf>>. Acesso em: 16 set 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**, Brasília. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 28 jun 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014.

_____. **Manual de Saneamento**. 4ª. ed. Brasília: Funasa, 2015.

_____. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª. ed. Brasília: Funasa, 2015.

BRASIL. MINISTERIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. DEPARTAMENTO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA. **Diretrizes Nacionais para Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Saneamento melhora, mas metade dos brasileiros segue sem esgoto no país**, 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/saneamento-melhora-mas-metade-dos-brasileiros-segue-sem-esgoto-no-pais.ghtml>>. Acesso em: 19 set 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mananciais**, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/aguas-urbanas/mananciais>>. Acesso em: 5 out 2017.

CALIJURI, M. D. C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CARVALHEIRO, J. R. **Água e saúde: bens públicos da humanidade**. São Paulo: [s.n.], 2015.

CESAN. **Apostila Tratamento de Água**, 2013. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_DE_TRATAMENTO_DE_AGUA-.pdf>. Acesso em: 10 out 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Noções Básicas sobre poços tubulares**. Brasília: CPRM Serviço Geológico do Brasil, 1998.

COSTA, A. M.; PONTES, C. A. A.; GONÇALVES, F. R. **Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes dos agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2010.

DIÁRIO DE GOIÁS. **Conselho de Administração elege nova diretoria da saneago**, 2017. Disponível em: <<http://diariodegoias.com.br/cidades/29802-conselho-de-administracao-elege-nova-diretoria-da-saneago>>. Acesso em: 8 out 2017.

ECHOA ENGENHARIA. **Saneamento e a cadeia de responsabilidades – Abastecimento de Água**, 2016. Disponível em: <<http://echoaengenharia.com.br/saneamento-e-a-cadeia-de-responsabilidades-abastecimento-de-agua/>>. Acesso em: 6 out 2017.

EMEC BRASIL. **Estação de Dosagem**, 2017. Acesso em: 15 out 2017.

EOS. **História do Saneamento Básico e do Tratamento de Água e Esgoto**, 2017. Acesso em: 1 out 2017.

FAUCI, A. S. et al. **Harrison Medicina Interna**. 17. ed. Rio de Janeiro: Mcgraw-hill, 2008.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. D.; SILVA, L. B. B. D. **Saneamento Básico**, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng>>. Acesso em: 18 set 2017.

HELLER, L.; CASSEB, M. L. M. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os municípios - volume 2**. Belo Horizonte: Escola de engenharia da UFMG, v. 2, 2001. 221 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Basico**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

_____. **Estimativas da população residente no Brasil**, 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016/estimativa_dou_2016_20160913.pdf>. Acesso em: 18 set 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICAS APLICADAS. **Pnad - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicilio**. Brasilia: [s.n.], 2015.

INSTITUTO SOCIO AMBIENTAL. **Água, o risco da escassez**, 2007. Disponível em: <<https://site-antigo.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>>. Acesso em: 27 jun 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **A cada R\$ 1 investido em saneamento, economiza-se R\$ 4 em sistemas de saúde**, 2013. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/a-cada-r-1-investido-em-saneamento-economiza-se-r-4-em-sistemas-de-saude-diz-oms-maxpress-online-geral>>. Acesso em: 4 out 2017.

_____. **Maranhão entre os piores do país em tratamento de esgoto**, 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/maranhao-entre-os-piores-do-pais-em-tratamento-de-esgoto>>. Acesso em: 20 set 2017.

IRRIPLAN. **Captação Superficial**, 2014. Disponível em: <<http://www.irriplan.com.br/images/captacao2.jpg>>. Acesso em: 10 out 2017.

LOTIN, K.; BENEDET, H. D. **Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas de diversos locais do estado de Santa Catarina**, Curitiba, 1997.

MIRANDA, L. A. S. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre: [s.n.], 2007.

NATAL, L.; NASCIMENTO, R. Boletim Mídia Ambiente. **Águas subterrâneas: conceitos e controvérsias**, 2004. Disponível em: <<http://www.midiaambiente.org.br/UserFiles/File/Boletins/Boletim.2004.out.nov.pdf>>. Acesso em: 8 out 2017.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Carta de Ottawa**, 1986. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/carta_ottawa.pdf>. Acesso em: 5 out 2017.

_____. **Doenças ambientais matam 233 mil por ano no Brasil**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS ONU. **Distribuição do volume total de água no planeta**, 2013. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2013/03/onu-aponta-carencia-e-ma-distribuicao-de-agua-para-uso>>. Acesso em: 28 jun 2017.

PARRON, L. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

PEREIRA, F. E. L.; GONÇALVES, C. S. **Hepatite A. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina**. [S.l.]: [s.n.], 2003.

RDA EQUIPAMENTOS. **Orçamento RDA Equipamentos**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

REBOUÇAS, A. D. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4ª. ed. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2006.

RESERVATÓRIO DE ÁGUA MINERAL. **Reservatório de água torre**, 2016. Disponível em: <<http://www.reservatoriodeaguamineral.com.br/>>. Acesso em: 15 out 2017.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento Básico e sua Relação com o Meio Ambiente e a Saúde Pública**, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSa%C3%BAde.pdf>>. Acesso em: 6 out 2017.

RICHTER, C. A. **ÁGUA: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO, J. M. **Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1991.

SÁ, J. C.; BORGES, E. L.; BRANDÃO, C. C. S. **Influência do diâmetro efetivo da areia na eficiência a filtração lenta no tratamento de águas contendo Microcystis aeruginosa**, 2004. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/jazieli.pdf>>. Acesso em: 8 out 2017.

SAAB, G. R. **Água, um direito humano**. São Paulo: Paulinas, 2016.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. Sistema de Abastecimento de água. **Acontece**, Caeté, jan 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico anual de Água e Esgotos**, 2017. Disponível em:

<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acesso em: 2 out 2017.

TEGA ENGENHARIA. **ETA Compacta**, 2017. Disponível em:

<<https://www.tegaengenharia.com.br/artigo/eta-compacta>>. Acesso em: 18 out 2017.

TEIXEIRA, J. C. et al. **Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009**, Juiz de Fora, 2014.

UFRRJ. **Abastecimento de Água**, 2008. Disponível em:

<www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/agua1.htm>. Acesso em: 10 out 2017.

VIA FILTROS. **Dosador de cloro para caixa d'água**, 2017. Disponível em:

<https://viafiltrosshop.com.br/blog-viafiltros/artigos_sobre_filtros_para_agua/dosador-de-cloro-para-caixa-d-agua/>. Acesso em: 16 out 2017.

XAVIER, D. M. B.; CASTRO, A. D. A.; PEIXOTO, M. C. D. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: [s.n.], 1995.

ANEXOS