

AVALIAÇÃO E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ZONA RURAL

Fernando Gabriel de Santana Junior¹

Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro²

RESUMO: A água é uma substância natural utilizado para todas as necessidades básicas e ações correlacionadas ao desenvolvimento das populações, sendo essas comprometidas facilmente com a sua escassez, desde os tempos mais antigos e mais antigas civilizações, perante a isso, surge os sistemas de abastecimento de água que possuem o intuito de distribuir a água dentro dos parâmetros de qualidade, com vazão e pressões adequadas. Sendo de extrema notoriedade o desenvolvimento deste sistema e todos os seus elementos constituíntes segundo as normas, para a garantia de sua eficiência, principalmente para comunidades rurais onde seus municípios não lhe garantem esse serviço básico conforme estipulado pela lei, obrigando-os a tomar iniciativas como a criação de associações para o controle de seus sistemas. Este trabalho aprofundou conhecimentos sobre abastecimento de água, analisou e diagnosticou a eficácia de um sistema de abastecimento rural, principalmente na sua qualidade de água, reservação e rede de distribuição, juntamente com a realização do dimensionamento de um novo sistema de abastecimento. Para suprir as demandas dos pontos de consumo, com pressões e vazões adequadas. Para as análises de custo das alternativas propostas para a solução dos problemas, utilizou-se como base de preços a tabela SINAPI (sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil). Foi levantado a questão de problemas na reservação de capacidade de armazenamento para atender a população, a rede de distribuição é formada por quatro redes independentes e determinou-se os valores de perda de carga, velocidades e pressões para cada uma delas. Propondo três alternativas para a otimização do sistema, sendo a primeira a substituição das tubulações conforme os diâmetros estabelecidos pela normativa, a segunda a interligação das redes de distribuição e na terceira a instalação de válvulas redutoras de pressão e bombas, mostrou ser essa a correta, pois veio ser a melhor solução técnica e econômica. 6392

Palavras-chave: Diagnóstico. Sistema de abastecimento. Dimensionamento. Distribuição.

1 INTRODUÇÃO

A água consiste em um recurso natural mais presente na existência humana, representa insumo fundamental à vida, seja para suprir necessidades básicas ou para outras ações relativas ao seu desenvolvimento, que são facilmente comprometidas pela sua escassez. Impondo assim, a criação e aperfeiçoamento de procedimentos e providências para melhorar sua relação com a sociedade.

Essas providências envolvem a elaboração de obras e a implantação de normas e regras para seu uso, em vista de impedir conflitos, pois, sendo um recurso natural, é importante sua preservação, uso e aproveitamento adequado, para garantir sua recuperação e sustentabilidade ambiental (SILVA, 2015).

Então, para se obter uma água de qualidade, são essenciais os processos de tratamento e

¹ Centro Universitario de Fernandópolis, Universidade Brasil

² Orientador. Centro Universitario de Fernandópolis, Universidade Brasil

distribuição, por meio de sistema de abastecimento e tratamento de água, que atenda as exigências de qualidade e quantidade de água, bem como os quesitos de saúde e crescimento industrial. Para isto, é importante o dimensionamento adequado dos elementos constituintes desse sistema, a determinação das vazões, relacionada a quantidade de pessoas a serem abastecidas e a quantidade de água consumida por cada uma delas (MICHELAN, 2016).

Diante das mais variadas finalidades da água e o aumento de sua demanda, o abastecimento tornou-se mais complicado, abrangendo juntamente com as dificuldades técnicas, as questões políticas, administrativas, sociais e econômicas. Onde as responsabilidades do controle e distribuição compete aos governos e comunidades, e os conhecimentos técnicos do Engenheiro Civil, que possui a atribuição profissional de projetar e executar sistemas de captação, distribuição e tratamento de água, de modo a gerar o aproveitamento racional desse recurso (SILVESTRE, 1979), levando em consideração as características da região e as necessidades das sociedades.

Assim, um projeto de sistema de abastecimento em áreas rurais, vem a ser uma difícil tarefa, perante as características de consumo diversificadas, como o consumo próprio, irrigação de plantações, lavagem de veículos e para o uso de saciação de animais, que terão influência no sistema a ser implantado, devido a quantidade de água a ser utilizada.

Perante ao aumento da demanda de água nas regiões rurais, que resultam em problemas de atendimento dos sistemas de abastecimento, é extrema importância melhorar a eficiência, racional e apurada deste sistema. Mediante a isso, este trabalho pretende avaliar, diagnosticar e dimensionar os elementos constituintes de um sistema de abastecimento de uma comunidade rural, com pequenas necessidades operacionais, apresentando problemas de vazões e pressão ocorrentes na rede de distribuição. Buscando qualificar a condição do sistema atual e propor alternativas e ações para a melhoria de sua eficiência.

1.1 Objetivos

6393

1.1.1 Geral

Realizar o diagnóstico e dimensionar as soluções necessárias para otimizar a operação de um sistema de abastecimento de água em uma localidade rural

1.1.2 Específicos

Os objetivos específicos são etapas a serem executadas e analisadas, com a finalidade de assegurar o alcance do objetivo geral deste trabalho, então, especificam-se em:

- a) Apresentar o diagnóstico de quantificação da água utilizada no abastecimento;
- b) Analisar a capacidade de reservação do sistema existente;
- c) Realizar o diagnóstico da rede de abastecimento;

1.3 Justificativa

Ante a relevância para nossa saúde e desenvolvimento da sociedade, juntamente com a escassez das disponibilidades de fontes de água potável, que não demandem de elevados tratamentos, surge como forma eficaz, principalmente para comunidades rurais, com poucos recursos e deficiências na área das políticas públicas, a instalação de sistemas de abastecimento de água. Estes sistemas têm a finalidade de captar a água de mananciais e, no caso de comunidades rurais, a fonte mais utilizada são os poços artesianos. A água captada deste manancial subterrâneo é tratada em uma casa de química, utilizando-se bomba dosadora para a injeção do Hipoclorito de Sódio para a desinfecção. Após o tratamento, a água é distribuída para

todos os pontos da rede conforme demanda dos pontos de consumo.

Esse sistema apresenta variadas condições para seu correto dimensionamento e funcionamento, que se não forem assíduos geram elevadas perturbações, dado o fato do papel essencial da água e que com sua ausência não é possível realizar as tarefas mais básicas do cotidiano.

Perante o exposto, a ideia de corporificar o estudo de caso de todo um sistema de abastecimento rural, objetivando a análise e diagnóstico da qualidade de água, quantia de reservação e distribuição, devido as características de consumo muito variadas, como utilização da água para consumo próprio, criação de animais ou até mesmo para plantio, sua elevada demanda de reservação, problemas de vazão e pressão ocorrentes na rede de distribuição e pelos riscos gerados aos consumidores se a água captada através do poço artesiano ser distribuída sem tratamento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância de sistemas de abastecimento de água na sociedade

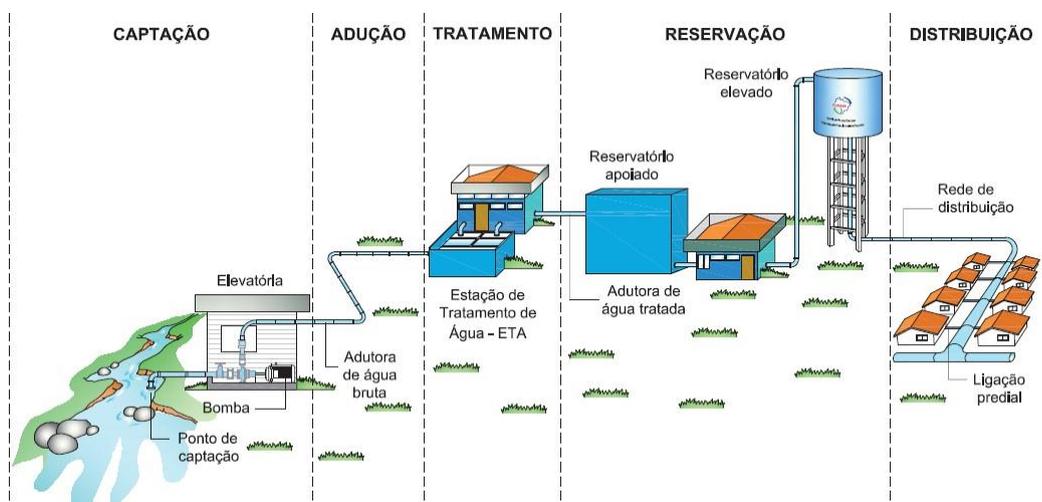
O sistema de abastecimento de água para consumo humano “corresponde em um conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e equipamentos, [...] fadado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável” (BRASIL, p. 66, 2015), sendo projetado para satisfazer desde pequenas a grandes populações, modificando-se as propriedades e porte das suas instalações para atender as demandas (PRADO, 2014).

O abastecimento compreende um conjunto de operações essenciais para distribuição de água aos locais de consumo, com qualidade e quantidade suficientes (GOMES, 2009).

Dentro do contexto do abastecimento de água estão também as soluções alternativas para o abastecimento coletivo que incluem fontes, poços comunitários e distribuição por carro-pipa (HELLER; PÁDUA, 2010).

Segundo Garcez (1976) o sistema de abastecimento é formado pelos processos de captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição, como ilustra a Figura a baixo. Contudo, alguns destes não se fazem presente obrigatoriamente quando, por exemplo, a qualidade de água do manancial esteja dentro dos padrões de potabilidade, não necessitando a construção da estação de tratamento e de recalque, quando a topografia do terreno for favorável. Para a NBR 12216 (ABNT, 1992) as águas de abastecimento públicos exigem tratamentos mínimos necessários para a garantia de sua potabilidade conforme sua classificação.

- Processos que constituem o sistema de abastecimento



Fonte: Brasil (2015, p. 67).

Conforme Shammas e Wang (2013), esses elementos constituintes podem ser caracterizados em estruturas de coleta, tratamento, transporte e distribuição. Já de acordo com Heller e Pádua (2010), são classificados em:

Unidades

- Produção: gerado pela captação, adutora de água bruta, estação de tratamento e adutora de água tratada.
- Distribuição: gerado pelos reservatórios e a rede de distribuição.
- Transporte: gerado pela estação elevatória (recalque) e a adutora.

O sistema de abastecimento contém como vantagens a preservação do manancial, facilidade nas manutenções e supervisões dos elementos constituintes, e capacidade elevada de maneira automática da qualidade de água. Sendo que basicamente o sistema de abastecimento de água consiste em:

Após ser captada, a água é transportada através de adutoras de água bruta, ou seja, através de canalizações que transportam a água sem tratamento para a Estação de Tratamento de Água (ETA), onde são realizados procedimentos para que a água bruta captada dos mananciais esteja, após o tratamento, em conformidade com o padrão de qualidade para o consumo humano. Após a água ser tratada, é transportada pelas adutoras de água tratada, chegando assim aos reservatórios, que são unidades que armazenam a água, para, em seguida, ir para a fase de distribuição, onde será entregue para os pontos de consumos, como: residências, indústrias, prédios etc” (COSTA apud LIMA, 2015).

2.1.1 Concepção de sistema de abastecimento de água

segundo a norma NBR 12211 (ABNT, 1992) que trata do estudo da concepção de um sistema de abastecimento, a concepção desse sistema é um conjunto de estudos qualitativos e quantitativos, sobre as diretrizes, parâmetros e definições essenciais para a realização de um projeto de rede completo, desejando as melhores soluções técnicas, econômicas e sociais.

No desenvolvimento desse projeto é fundamental avaliar as necessidades presentes e as futuras, pois as obras são projetadas para um alcance do plano entre 10 a 30 anos (NETTO et al., 1998). E a solução correta para resolver o problema do abastecimento “não é necessariamente a mais econômica, a mais segura ou a mais moderna, mas sim aquela mais apropriada à realidade social em que será aplicada” (HELLER; PÁDUA, 2010).

O período do alcance dos projetos possui fatores decisivos, como a vida útil dos equipamentos e obras civis, disponibilidade econômica e desempenho das instalações trabalhando com folga nos primeiros anos, que o ampliam. E a taxa de crescimento da população, facilidade na ampliação, dificuldade com financiamentos, empréstimos e juros, diminuem o seu alcance (GARCEZ, 1976).

Para o estudo da concepção deve-se abordar os seguintes aspectos:

”os problemas relacionados com a configuração topográfica e características geológicas da região de localização dos elementos constituintes do sistema; b) os consumidores a serem atendidos até o alcance do plano e sua distribuição na área a ser abastecida pelo sistema; c) a quantidade de água exigida por diferentes classes de consumidores e as vazões de dimensionamento; d) no caso de existir sistema de distribuição, a integração das partes deste ao novo sistema; e) a pesquisa e a definição dos mananciais abastecedores; f) a demonstração de que o sistema proposto apresenta total compatibilidade entre suas partes; g) o método de operação do sistema; h) a definição das etapas de implantação do sistema; i) a comparação técnico-econômica das concepções; j) o estudo de viabilidade econômico-financeira da concepção básica” (ABNT NBR 12211, 1992, p. 2).

E para uma boa concepção de um sistema, precisa-se de uma equipe especializada em diversas áreas, como topografia, demografia, economia, hidrogeologia, hidrologia, especialistas em saúde pública, comunicação e recursos humanos, para levantamento das condições topográficas, estudos da estimativa da população, verificação da alternativa mais econômica, estudo dos mananciais e suas qualidades, juntamente com o das vazões e para incentivar a participação da comunidade nas decisões (OKUN; ERNST, 1987).

2.2 Manancial

Manancial é um corpo de água, podendo ser superficial ou subterrâneo, que fornece a água para a captação do abastecimento, sendo responsável por proporcionar vazão adequada para atender a demanda do projeto (TSUTIYA, 2006).

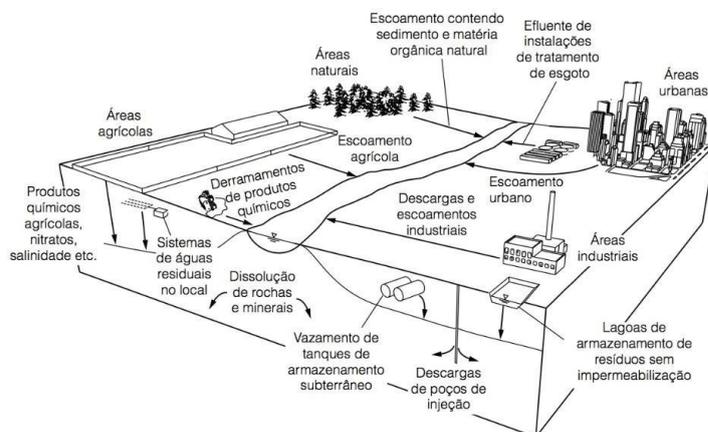
Os mananciais superficiais constituem um volume de 104 mil km³ de água da Terra, enquanto os subterrâneos 10,3 milhões km³ (FEITOSA et al, 2008). Onde superficiais são os cursos d'água, represas e lagos, e subterrâneos, os aquíferos artesianos (confinados) e freáticos (não confinados) (LIBÂNIO, 2010).

No projeto do sistema de abastecimento, a seleção do manancial é a decisão mais importante, onde deve-se utilizar critérios de definição como a vazão da demanda, características da água, custos e possível ampliação (LIBÂNIO, 2010), juntamente com a capacidade, confiabilidade, distância da comunidade, possibilidade de servir a comunidade por gravidade ou requer bombeamento e a vulnerabilidade a riscos naturais. Para a seleção final entre as fontes que são adequadas em quantidades satisfatória, utiliza-se o custo e a disponibilidade de recursos para investimentos (OKUN; ERNST, 1987).

6396

O avanço desordenado do ambiente urbano, gera a poluição das bacias hidrográficas dos mananciais, devido à falta de coleta e tratamento dos esgotos, como exemplifica a Figura 2, acarretando em um grande consumo de agentes químicos para o tratamento das águas, o que afeta na sua qualidade e em alguns casos torna-se praticamente impraticável o seu tratamento (TSUTIYA, 2006). No Brasil, a deterioração da qualidade dos mananciais subterrâneos dá-se também pelos fatores de ausência de saneamento básico, técnicas inadequadas de irrigação, de captação, de construção de poços e derramamento de tanques de combustíveis (FEITOSA et al., 2008).

- Fatores contaminadores dos mananciais



Fonte: Howe et al. (2016, p. 9).

Os fatores patológicos e químicos são de elevada preocupação, pois estão crescentemente presentes devido a poluição e efluentes químicos de indústrias, podendo acarretar em inúmeros riscos à saúde pública e ao meio ambiente (BARSANO, et al., 2014).

Para Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, as águas dos mananciais precisam satisfazer os parâmetros de qualidade, quanto as características físicas, químicas e biológicas. As águas são classificadas em classes de qualidade segundo os usos preferenciais, como ilustra a Figura 3. Esse enquadramento conforme os usos, “visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (IBRAHIN et al., 2015).

• Classificação da água conforme uso

USOS DAS ÁGUAS DOÇES		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Fonte: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>

Segundo a Portaria Consolidada nº 5, de 28 de setembro de 2017, a água para consumo humano de sistemas de abastecimento obrigatoriamente, mesmo dentro dos padrões de potabilidade, deve passar pelo processo de desinfecção ou cloração (BRASIL, 2017).

2.3 Captação

A captação são estruturas e dispositivos instalados junto ao manancial, para a remoção de água destinada ao abastecimento. Sendo o local da sua implantação o resultado de um conjunto de análises sobre a área, observando informações hidráulicas do manancial, geológicas, pontos de inundações e de poluição (ABNT NBR 12213, 1992, p.1).

A seleção do manancial e da captação de sua água resultam no êxito do sistema de abastecimento, pois sua preservação e adequada construção fornecem aviação necessária para o consumo da comunidade (HELLER; PÁDUA, 2010).

Para o projeto de captação de água são necessários equipamentos e dispositivos para controlar nível de água, vazão, interrupção do fluxo nos desarenadores, canalizações e canais. Juntamente com a prevenção e segurança nas operações e manutenções desse sistema (ABNT NBR 12213, 1992, p.3).

Seu planejamento necessita de análises minuciosas, identificando as condições do local, gastos com desapropriações, construção de estações elevatórias e energia elétrica dos motores (NETTO et al., 1998). Para Heller e Pádua (2010), sua localização em pontos que mesmo no período de maior seca, ainda seja realizável a remoção da água em vazão suficiente e qualidade. Construção de equipamentos para impedir a deterioração e bloqueio da captação, obras executadas com a finalidade de propiciar economia nas instalações e facilitar as operações e manutenções.

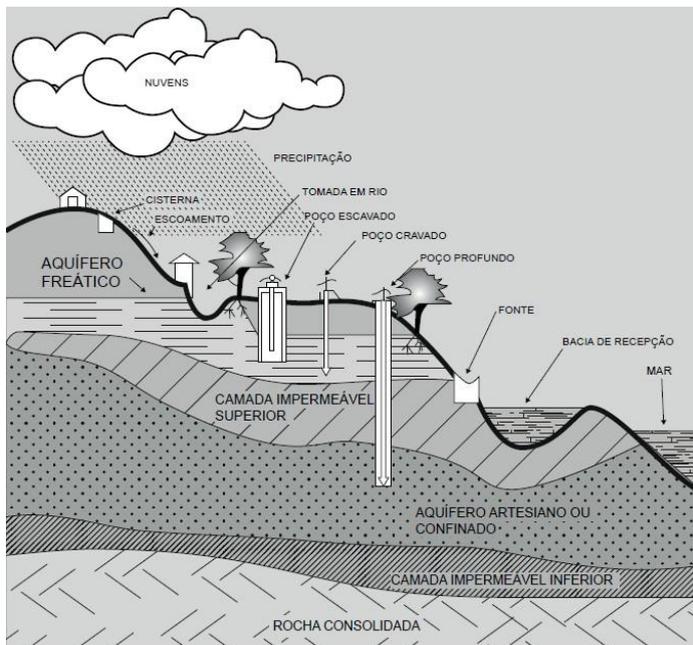
Para cada tipo de manancial há uma forma de captação correta, como ilustra o Quadro 1 e Figura 4, para que não ocorra problemas com a quantidade e qualidade da água requerida, nem prejudique o manancial em questão.

- Formas de captação

Fontes da água	Exemplo de formas de captação
Água de chuva	Superfície de coleta (cobertura)
Nascente de encosta	Caixa de tomada
Fundo de vales	Galeria Filtrante
Lençol freático	Poço escavado
Lençol Subterrâneo	Poço tubular profundo
Rios, lagos e açudes	Tomada direta (fixa ou móvel)

6398

- Manancial e sua forma de captação



Na captação superficial, o requisito essencial para a escolha do manancial, se estabelece quando a vazão média excede a de demanda necessária para o abastecimento da comunidade e juntamente deve-se privilegiar os cursos de água com melhor qualidade de água bruta (LIBÂNIO, 2010).

Apresenta como vantagem a distribuição de água por gravidade e como desvantagem o

elevado custo com o tratamento da água devido a decomposição das matérias orgânicas, problemas com turbidez, gostos e odores (SHAMMAS; WANG, 2013). Outra vantagem é a facilidade de medição da qualidade de água e desvantagem a presença de bactérias e vírus na água (HOWE et al., 2016)

E os elementos constituintes de um sistema de captação superficial de acordo com a NBR 12213 (ABNT, 1992), são os seguintes:

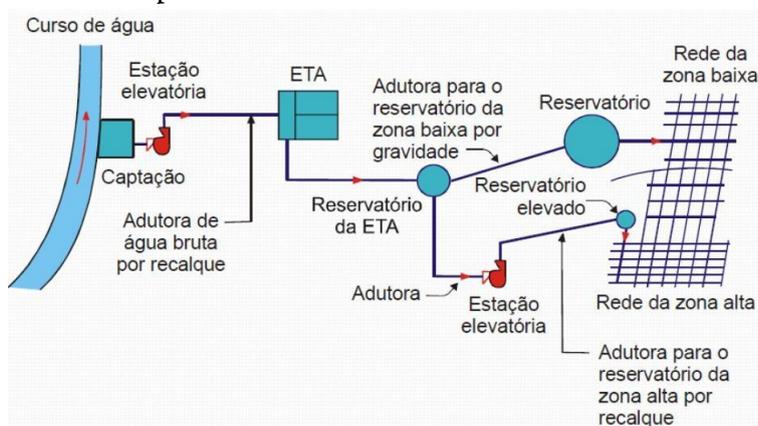
- Barragem de nível, função elevar o nível de água do manancial a uma cotafixada;
- Tomada de água, equipamentos destinados a transportar a água do manancial para os outros elementos da captação;
- Grade, equipamento formado por barras paralelas, para impossibilitar a passagem de materiais de elevada dimensão;
- Tela, equipamento formado por fios arranjados em malha, que bloqueiamos materiais não retidos na grade;
- Desarenador, destinado a remoção dos materiais com sedimentação igual ou superior a uma quantia fixada.

A captação subterrânea no Brasil, ocorre principalmente de poços do tipo tubular profundo, revestidos com tubos, filtros e pré-filtro ao longo do seu comprimento, para a retenção das partículas finas do aquífero. Sendo sua locação extremamente importante para viabilizar a quantidade e qualidade satisfatória de água, com baixo custo e maior eficiência. E os fatores que atuam na sua locação são classificados em exógenos e endógenos, sendo os primeiros fatores externos como o clima, a vegetação, o relevo e hidrografia. Os segundos, que são os fatores internos, são as estruturas geológicas e a constituição litológica (GIAMPÁ; GONGALES, 2006).

2.4 Adução

As adutoras são canalizações que apresentam como finalidade transportar a água da origem do abastecimento entre os elementos constituintes do sistema que antecedem a rede de distribuição (SHAMMAS; WANG, 2013), como exemplifica a Figura 5, não distribuindo a água diretamente para as comunidades (TSUTIYA, 2006). Onde o local da origem do manancial estabelece seu tamanho, a forma do transporte, e se serão projetadas para canais abertos ou fechados, de acordo com as condições topográficas e disponibilidade de materiais (SHAMMAS; WANG, 2013).

• Exemplo de Adutoras



Fonte: TSUTIYA (2006, p. 155).

As canalizações unem a captação, a estação de tratamento, os reservatórios e a rede de

distribuição, podendo ocorrer derivações da adutora principal em várias secundárias, que são denominadas subadutoras. As adutoras são classificadas segundo a energia de movimentação da água em adução por gravidade, recalque e mistas (GARCEZ, 1976).

Por gravidade, conduzem a água do ponto mais elevado para o mais baixo (MICHELAN, 2016), podendo ser realizado por condutos forçados, onde a água preenche inteiramente a seção de escoamento, sofrendo pressão superior à atmosférica. E por condutos livres, a água preenche somente partes da seção de escoamento, apresentando uma superfície livre, sujeita a pressão atmosférica (BAPTISTA; LARA, 2014). Por recalque, conduzem a água de um ponto para outro mais elevado, através de estações elevatórias. E as mistas constituem-se pela união das duas anteriores. Os materiais mais utilizados para canalizações são o Policloreto de vinila (PVC) e ferro fundido (MICHELAN, 2016).

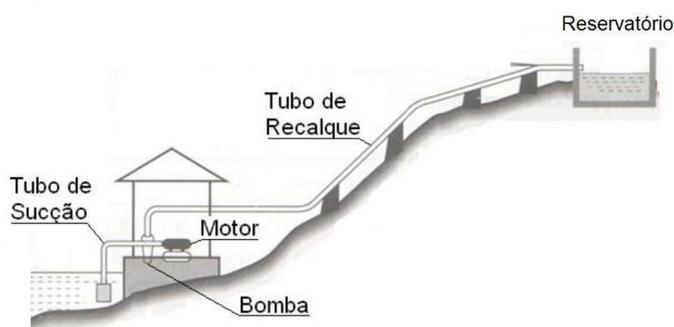
As adutoras podem ser classificadas conforme a natureza da água em de água bruta e de água tratada. Sendo a de água bruta, a que conduz a água sem tratamento manancial para a estação de tratamento e a de água tratada, conduz a água da estação de tratamento para o reservatório (BRUDEKI; BERNARDI, 2012).

Para o projeto das adutoras faz-se necessário a realização de atividades como a determinação do trajeto abrangendo as condições topográficas, estabelecimento da vazão, dimensionamento estrutural e hidráulico, estudos econômicos, equipamentos para a operação, juntamente com os de manutenção e proteção, e análises do golpe de aríete. Importante que o trajeto da adutora evite regiões submersas, elevadas declividades e obstáculos, vias de elevado tráfego, instaladas de preferência em faixas que são de domínio público, com largura adequada para proporcionar as instalações e manutenções, prevendo o reforço das suas estruturas devido ao fluxo de veículos. Devendo ser instalados equipamentos de controle de vazões, descarga e admissão de ar, para proporcionar a velocidade mínima de arrasto, remoção do material sedimentado e impedimento de acumulação de ar. Juntamente com dispositivos para proteção da adutora, para inspeção, limpeza, medição da vazão, mudanças de direção, alterações de diâmetros (ABNT NBR 12215, 1991), ventosas e para evitar o golpe de aríete (MICHELAN, 2016).

2.5 Recalque / Estação Elevatória

Instalações de recalque ou estações elevatórias são formadas por “bombas e tubulações, utilizados para pressurizar um determinado líquido, a fim de conduzi-lo a um ou vários pontos de consumo, superando desníveis topográficos e perdas ao longos canalizações” (GOMES, 2009). São constituídos por equipamentos eletromecânicos, como bombas e motores, canalizações de sucção, recalque e barrilete, casa de bombas e poço de sucção (GUDINA; SILVA, 2017), conforme ilustra a Figura 6.

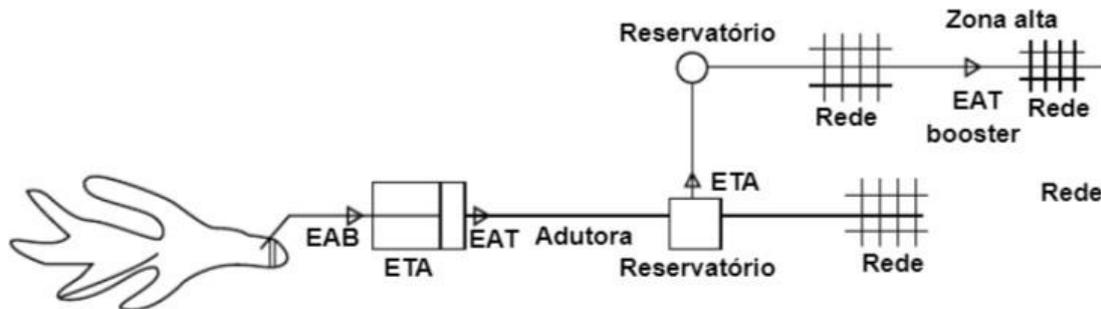
- Exemplo de Estação Elevatória



Fonte: Adaptado de Soares (2012).

As estações elevatórias podem ser empregadas na captação, adução, tratamento e distribuição, porém, apresentam um custo elevado devido a utilização da energia elétrica (BEZERRA; CHEUNG, 2013). Classificam-se em Elevatória de Água Bruta (EAB), quando conduzem a água que não contém tratamento e Elevatória de Água Tratada (EAT), quando conduzem água tratada (MICHELAN, 2016), como exemplifica a Figura 7.

- Localização das estações elevatórias de água tratada e bruta



Fonte: Adaptado de Heller e Pádua (2010, p. 483).

A capacidade da estação elevatória é determinada pela taxa máxima de bombeamento e pela pressão máxima de operação das bombas, onde a taxa máxima de bombeamento é igual ao máximo da demanda diária, ajustada para levar em conta os fatores de pico, horários de operação e medidas de conservação de energia. Devendo-se considerar na seleção da capacidade e operação da estação, o

aproveitamento das taxas de energia elétrica fora do pico de maior custo, em geral durante a noite ou de manhã cedo (METCALF & EDDY, 2004).

Na elaboração de um projeto de sistema de bombeamento, precisa-se determinar a vazão de projeto, tipo de elevatória, trajeto e materiais das tubulações de sucção e recalque, tipo e quantidade de motores e bombas, sistema de operação, fixar as propriedades hidráulicas, dimensionar o poço de sucção, precauções com a segurança com finalidade de excluir os riscos de acidentes nas operações dos dispositivos, maquinários e circuitos elétricos. Para a determinação do local apropriado para sua instalação é importante levar em consideração aspectos como desníveis geométricos, desapropriações, trajeto das canalizações de recalque, acessos definitivos, proteção para inundações, estabilidade para erosão e assoreamento, disponibilidade energética e estabelecimento das bombas junto a tomada de água. Para a elaboração da casa de bombas, deve-se fixar alguns quesitos como quantidade mínima de duas bombas, sendo uma ou mais para reserva em caso de problemas, bombas do mesmo tipo e vazão, e local com adequada iluminação, ventilação, espaço para a instalação e movimentação das partes elétricas (ABNT NBR 12214, 1992).

2.6 Estação de Tratamento

A Estação de Tratamento de Água (ETA) é estabelecida como um “conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade” (ABNT NBR 12216, 1992). Constitui-se no elemento do abastecimento, no qual realiza-se o tratamento da água captada do manancial, possuindo como propósito fundamental a eliminação de impurezas que possam causar riscos à saúde dos consumidores. A seleção do tratamento depende das qualidades definidas e propriedades da água bruta utilizada. Sendo as finalidades do tratamento:

(i) higiênicas - remoção de bactérias, elementos venenosos ou nocivos, minerais e compostos orgânicos em excesso, protozoários e outros microrganismos; (ii) estéticas - correção da cor, turvação, odor e sabor; (iii) econômicas - redução da corrosibilidade, dureza, cor, ferro, manganésio etc (ALVES, 2010).

Para a escolha do tipo de tratamento adequado, além de informações sobre a qualidade pretendida e do manancial, que dependem das condições geológicas, climáticas e das atividades humanas, precisa-se avaliar as capacidades das instalações devido às quantidades necessárias de água, o custo da implantação desse processo, sua capacidade de remoção e menor geração de impactos ambientais (HOWE et al., 2016). Após a escolha do tratamento, define-se seu local de instalação com base nos custos, disponibilidade energética, facilidade de acessos e transportes, possíveis inundações e distanciamento da captação (LIBÂNIO, 2010).

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, define quatro níveis de tratamento de água para cada classe de uso de água no abastecimento humano, conforme a Quadro 2. O primeiro é a desinfecção para a classe especial, o segundo é o tratamento simplificado, para a classe 1, que se destina a águas com propriedades físico-químicas e biológicas que possibilitam a sua utilização após desinfecção, filtração e correção de pH se preciso. O terceiro trata-se do tratamento convencional, para as classes 2 e 3, onde aplica-se “coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH”, e por último o tratamento avançado, para a classe 3, que consiste em remover juntamente com os materiais do tratamento convencional, as características de “cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica” (BRASIL, 2005).

- Tratamento conforme classificação do uso da água

Uso	Tratamento	Classificação
Abastecimento Humano	Desinfecção	Especial
	Tratamento Simplificado	Classe 1
	Tratamento Convencional	Classe 2 e 3
	Tratamento Avançado	Classe 3

Fonte: Adaptado de Silva (2015, p. 285).

Em estações onde aplica-se o tratamento simplificado normalmente utiliza-se como desinfetante o cloro, na forma de hipoclorito de sódio, devido a seu custo razoável, elevada capacidade oxidante, efeito residual, fácil medição, monitoramento na rede de distribuição e armazenamento. Juntamente com a fluoretação, que é o acréscimo de fluoretos na água, que diminui a ocorrência de cáries, porém em elevadas quantidades podem trazer problemas aos consumidores e ao operador responsável pela sua dosagem. E a correção de pH, que possui a finalidade de controlar a acidez e alcalinidade para fins de potabilidade, reduzir a potencialidade erosiva da água nas canalizações metálicas e nas infraestruturas de concreto (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

O cloro é o desinfetante químico mais comum utilizado no mundo, pela sua acessibilidade e manuseio, porém, devido ser uma substância altamente tóxica, apresenta riscos aos operados das estações de tratamento e aos consumidores se liberado por acidente

(METCALF & EDDY, 2004). A sua aplicação no tratamento possui a finalidade de desinfetar e remover os compostos, podendo ser empregado em dois pontos em uma estação de tratamento. A pré-cloração e pós-cloração, ondena primeira aplica-se o cloro antes de algum tratamento, sendo utilizado para removero manganês, algas e ferro, e na segunda aplica-se o cloro depois da filtração, sendo utilizado para eliminar bactérias e vírus (LOURENÇO, 2002).

No Brasil, os tratamentos mais utilizados são a filtração direta, ascendente e descendente, com ou sem floculação prévia e o tratamento convencional com a floculação, decantação e filtração, devido a escolha dos projetistas em mananciais menos comprometidos e porque tratamentos mais avançados demandam vários cuidados e equipes especializadas (VIANNA, 2001).

Segundo a NBR 12216 (ABNT, 1992), as águas de abastecimento humano apresentam a seguinte classificação e recomenda para cada uma o tratamento mínimo para sua potabilidade, contemplando parâmetros de Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Fecais (CF), cloretos e fluoretos, como ilustra a Tabela 1:

- Tipo A, subterrâneas e superficiais oriundas de bacia protegida, possuem o tratamento de desinfecção e correção do pH;
 - Tipo B, subterrâneas e superficiais oriundas de bacia não protegida, possuem o tratamento de desinfecção, correção do pH e decantação simples quando contém sólidos sedimentados ou filtração, juntamente ou não dedecantação, quando possuem turbidez natural;
 - Tipo C, superficiais oriundas de bacia não protegida, exigindo o processo de coagulação, juntamente ou não de decantação, filtração, desinfecção e correção do pH para se tornar potável;
 - Tipo D, superficiais oriundas de bacia não protegida, sujeitas a poluição,exigindo processo especial de tratamento, além do tipo C, para se tornar potável.
- Classificação das águas de abastecimento humano

Tipos	A	B	C	D
DBO 5dias (mg/L):				
- média	até 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
- máxima, em qualquer amostra	1 - 3	3 - 4	4 - 6	> 6,0
Coliformes (NMP/100mL):				
- média mensal em qualquer amostra	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	> 20000

- máximo	> 100 cm menos de 5% da amostra	> 5000 cm menos de 5% da amostra	> 20000 menos de 5% da amostra	-
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

Fonte: ABNT NBR 12217(1994, p. 3).

A Portaria Consolidada do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, estabelece os processos de controle, vigilância e padrões de potabilidade da água tratada. Para satisfazer o requisito de potabilidade, a água precisa ser exposta a processos químicos, físicos e combinação destes. Sendo que quando a desinfecção é realizada por cloro, por questões de segurança, principalmente em água subterrâneas, deve-se observar o tempo de contato e valor das concentrações residuais nas saídas dos tanques de contato, e a obrigatoriedade da “manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)”. E quando houver a fluoretação, os valores apresentados devem seguir a Portaria do Ministério da Saúde nº 635/GM de 26 de dezembro de 1975 (BRASIL, 2017).

A potabilidade da água para consumo humano, possui como finalidade a adequação da água bruta conforme padrões estabelecidos pela Portaria, as características biológicas, físicas e químicas, que podem ser mudadas por contaminantes de inúmeras origens. Sendo que os controles do tratamento das águas provenientes de abastecimento são oriundos de análises físico-químicas (LIBÂNIO, 2010).

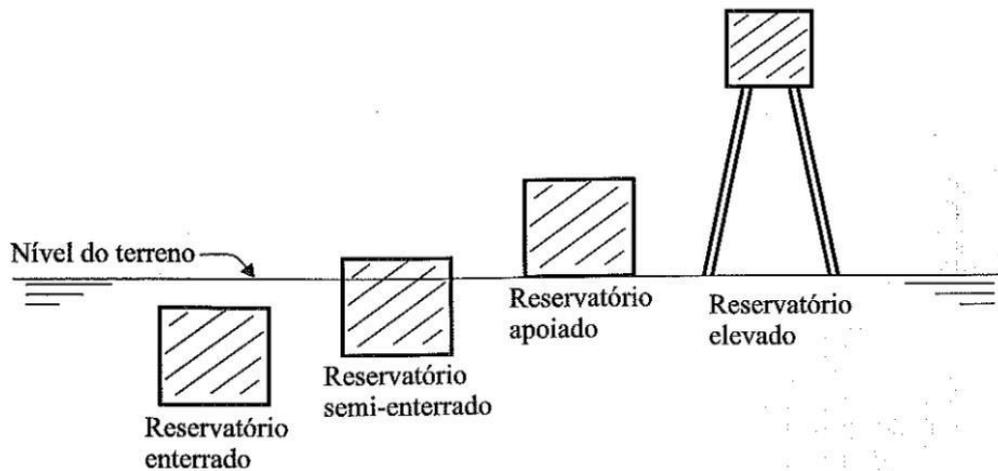
A forma de coleta da água ou de amostragem, para determinação do tratamento e sua eficiência, são de extrema importância, para que não ocorra o comprometimento e alterações da qualidade da água coletada, precisando dispor de um controle rigoroso, administração do tempo de deslocamento e coleta. Juntamente com a utilização de recipiente apropriado, armazenamento e quantidade adequada, sendo no mínimo o dobro da necessária, além do cuidado com a contaminação do frasco, principalmente nas tampas, por isso a utilização de plástico. Nos reservatórios amostragens são realizadas na entrada e saída de fluxo. E os kits de análise dos parâmetros básicos de caracterização da qualidade de água, como pH, cloro, turbidez, coliformes etc, também são importantes, pois para alguns desses parâmetros os resultados são adquiridos logo após a reação da água com os reagentes, propiciando assim análises iniciais da amostra da água (SILVA, 2015).

2.7 Reservação

Os reservatórios são os elementos destinados a compensar as variações de vazão, assegurar reservas para combates a incêndios e outras emergências, regularizar as pressões nas redes de distribuição e garantir segurança ao abastecimento (BRAGA et al., 2015). Podendo ser classificados conforme sua posição em relação ao terreno em enterrados, semi-enterrados, apoiados e elevados, como exemplifica a Figura 8. Ainda podem ser classificados em função da sua posição à rede em montante ou jusante (NETTO et al, 1998) e pelo seu material de

construção como de fibra de vidro, aço, concreto armado, madeira e alvenaria (GARCEZ, 1976).

- Posição dos reservatórios



Fonte: TSUTIYA (2006, p. 344).

Os reservatórios de jusante localizam-se após a rede de distribuição, conforme ilustra a Figura 9 e fornecem ou recebem a água da rede, abastecendo a rede principalmente em períodos que o consumo é maior que a adução, devido a isso são chamados de reservatórios de sobras. Já os reservatórios de montante, localizam-se antes da rede, toda a água que abastece a rede de distribuição passa por eles, pois sempre fornecem a água e são projetados para conservar a vazão e altura manométrica da adução constante. Os reservatórios apresentam algumas desvantagens, como elevado custo de implantação, geração de impacto ambiental dependendo do local da sua instalação e sua localização, para conseguir satisfazer os quesitos de variação de pressão da rede (MICHELAN, 2016).

6405

- Reservatório de jusante (sobras)



Fonte: TSUTIYA (2006, p. 341).

O volume de reservação total é resultante da soma dos volumes úteis de todos os reservatórios de uma zona de pressão, onde o volume útil é o volume que localiza-se entre os níveis máximos e mínimos, que são os valores de maior nível de água alcançado nas situações normais de operação e o menor

nível que impede o surgimento dos fenômenos como vórtices, cavitação e arraste dos sedimentos (ABNTNBR 12217, 1994). O volume armazenado deve ser $\frac{1}{3}$ do volume distribuído no dia de consumo máximo (FERNANDES et al., 2013).

Segundo a Portaria Consolidada do Ministério da Saúde nº 5, de 28 dezembro de 2017, precisa-se assegurar que a potabilidade da água resultante da estação de tratamento de água seja conservada até as ligações prediais (BRASIL, 2007), ressaltando assim, a importância dos reservatórios no abastecimento de água.

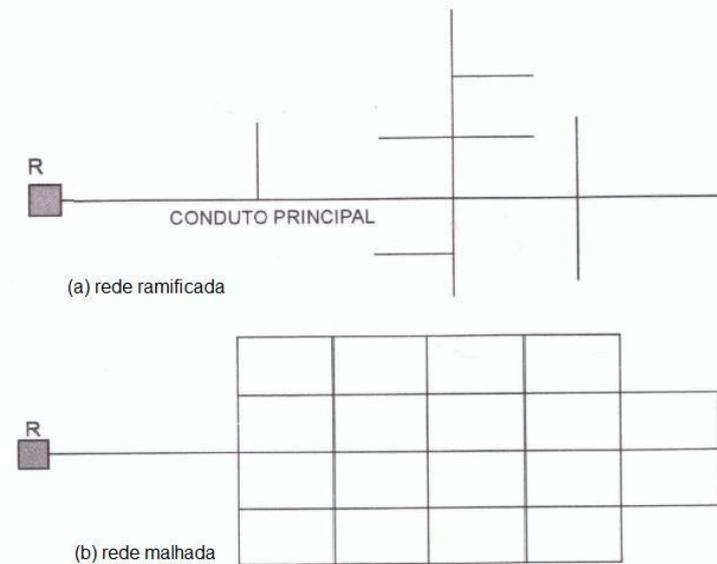
Na elaboração de um projeto de reservatório, precisa-se das cotas dos níveis de água, realizar estudos das condições topográficas, local as unidades, definir o material e forma, dimensionar o reservatório e suas tubulações de extravasão, descarga, entrada e saída, juntamente com a definição dos acessórios e instrumentos. Na definição da forma e material, procura-se propiciar economia em função da estrutura adotada e na área do terreno a ser utilizada, estudar a disponibilidade de material da região e o nível de agressividade da água a ser armazenada. Deve-se instalar dispositivos de ventilação, que possuem a finalidade de impedir os esforços provenientes do aumento e diminuição das pressões internas, de indicação de nível de água, de extravasão com capacidade para a vazão máxima afluyente, para impedir a entrada de pessoal não autorizado, para raios e sinalização de obstáculo elevado. E de preferência, a reservação total ser projetada com duas câmaras independentes, exceto nos reservatórios elevados (ABNT NBR 12217, 1994).

2.8 Rede de Distribuição

A rede de distribuição caracteriza-se pelas canalizações e acessórios, que distribuem continuamente a água potável aos consumidores (PUPPI, 1981), com quantidade e pressão mínima adequada por 24 horas (OKUN; ERNST, 1987). A rede é constituída de condutos principais e secundários (ABNT NBR 12218, 1994), onde os principais possuem maiores diâmetros e o intuito de abastecer os secundários, que por sua vez, possuem diâmetros menores e o intuito de abastecer os próprios pontos de consumo do sistema de abastecimento (MICHELAN; FERREIRA, 2017).

As redes de distribuição classificam-se conforme a posição das canalizações, em ramificada ou malhada, sendo que a ramificada, apresenta um único sentido para o escoamento, caracterizando-se pela união de vários condutos com um principal. As ramificadas têm como vantagem o baixo custo de implantação e como desvantagens, a aptidão para depósitos de sedimentos nas extremidades da rede e em casos de acidentes, onde ocorra o interrompimento do escoamento, todo o sistema de abastecimento nas tubulações a jusante serão interrompidos (BAPTISTA; LARA, 2014). Recomenda-se a utilização de rede ramificada, somente quando as condições topográficas e os pontos de consumo não possibilitem o traçado com a rede malhada. A rede malhada caracteriza-se por trechos interligados em forma de anéis ou malha, resultando que os sentidos das vazões mudem conforme as demandas nos nós, permitindo o abastecimento em qualquer ponto por mais de um caminho e apresentando como vantagem a flexibilidade para satisfazer as demandas e manutenções na rede com mínimos interrompimentos no abastecimento de água (FERNANDES et al., 2013).

- Rede de distribuição pela posição das canalizações



Fonte: Adaptado de Baptista e Lara (2014, p. 112).

Para o trajeto das redes, recomenda-se que os condutos sejam assentados em vias ou espaços públicos sem edificações, de preferência sob as calçadas, que os condutos das artérias principais devam ser “dirigidas às zonas de maior demanda” e que onde há pontos ramificados, sejam instaladas válvulas de descargas em locais finais e baixos para proporcionar o esvaziamento. Para a determinação do tipo de canalização, utiliza-se alguns critérios como diâmetro, custo da canalização e implantação, pressões, cargas externas, manutenções, qualidade da água conduzida e propriedades do solo onde serão implantadas (GOMES, 2009).

Os materiais disponíveis para as canalizações das redes são o Policloreto de Vinila (PVC), polietileno, ferro fundido e aço. E a rede possui acessórios como hidrantes, curvas, reduções, tês, válvulas de manobra, de descargas, dispositivos para proteção da rede, fechamento e controle das canalizações e fluxo, todos devendo suportar pressões e esforços para serem enterrados (FURUSAWA, 2011).

6407

Na elaboração do projeto de rede de abastecimento é necessário definir o trajeto dos condutos, delimitar as zonas de pressões e perímetro da área a ser provida, fixar o volume dos reservatórios, dimensionar os condutos, instrumentos e acessórios. Estabelecer que a pressão dinâmica mínima nas tubulações seja 10 mca e a pressão máxima de 50 mca, devido à relação ao custo de instalação, operação e qualidade do serviço. Juntamente com diâmetro mínimo de 50 mm para impedir perdas exageradas no sistema, que consigam prejudicar as pressões e vazões uniformes disponíveis aos consumidores, e velocidade máxima nas tubulações de 3,5 m/s e mínima de 0,6 m/s, devido a segurança da rede hidráulica, pois elevadas velocidades causam elevadas perdas de cargas, vibrações e riscos de danificação nas canalizações, conexões e acessórios. A velocidade mínima é proposta para que sempre ocorra a movimentação de água na rede, não prejudicando a qualidade da água para os consumidores (ABNT, NBR 12218, 1994). Para o controle da pressão mínima e máxima, instala-se bombas e válvulas redutoras de pressão (RICCALDONE, 2016).

3 METODOLOGIA

Para a realização do diagnóstico qualitativo da água utilizada no abastecimento, oriunda da exploração de poço artesiano, buscou-se junto à comunidade rural o histórico dos relatórios mensais de coleta de amostras de água para o tratamento para os quatro poços utilizados, onde são avaliados os parâmetros de Cloro Residual Livre, Cor Aparente, Potencial

Hidrogeniônico (pH), Turbidez (Tu), Coliformes, Cloretos, Dureza e Fluoretos, comparando os resultados com os valores máximos permitidos pela Portaria Consolidada do Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017, como consta na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores máximo permitido para os parâmetros

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH	15
Dureza Total	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Turbidez	uT	5
pH	--	6 - 9,5
Cloro Residual Livre	mg/L	5
Fluoreto	mg/L	1,5

Fonte: Adaptado de Portaria Consolidada Ministério da Saúde nº 5, de 28 de setembro de 2017.

3.1 Determinação das vazões de distribuição

A vazão total de distribuição é o parâmetro essencial para o dimensionamento de redes de distribuição, sendo estabelecida levando em considerações as variações climáticas ao longo dos anos e as diárias ao longo do dia, para assegurar o abastecimento nos momentos de maior consumo. No Brasil, para os coeficientes k_1 e k_2 , adota-se respectivamente, o valor de 1,2 e 1,5 (ABNT, NBR 9649, 1986).

3.2 Determinação dos diâmetros das tubulações

Para obtenção dos diâmetros necessários para as tubulações a serem adotadas, utilizou-se a Tabela 3, levando-se em consideração a velocidade máxima permitida e a vazão fictícia encontrada em cada um dos trechos. Sendo a vazão fictícia, a média aritmética entre a vazão de jusante e montante de cada trecho.

Tabela 3 – Determinação diâmetros

Diâmetro (mm)	DN	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (L/S)
50		0,5	1
75		0,5	2,2
100		0,6	4,7
150		0,8	14,1
200		0,9	28,3
250		1,1	53,9
300		1,2	84,8

350	1,3	125
400	1,4	176
450	1,5	238
500	1,6	314
550	1,7	403
600	1,8	509

Fonte: Adaptado de Martins (1976, p 34

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). **A História do Uso da Água no Brasil Do Descobrimento ao Século XX**. 1. ed. São Paulo: Athalaia, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). **Enquadramento – Bases Conceituas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211 - Estudos de Concepção de Sistemas de Abastecimento de água**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214 - Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12215 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1991.

6409

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216 - Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218 – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 594 – Elaboração de Projeto Hidráulico de Redes de Distribuição para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1977.