Estratégia Concursos

Aula 00

Obras Hídricas p/ CGU (Analista de Finanças e Controle - Área de Infraestrutura) - 2020

Autor:
Marcus Campiteli, Time Marcus Campiteli

14 de Janeiro de 2020

Olá, Pessoal.

Este curso baseia-se no edital para Analista de Finanças e Controle da Controladoria Geral da União - CGU, de 2012, para a área de Infraestrutura, na parte de Planejamento e Edificações.

A banca dos dois últimos concursos da CGU, de 2008 e 2012, foi a ESAF.

Este curso, de teoria e questões comentadas abrangerá os seguintes assuntos de Obras Hídricas:



Aula	Assunto	Data
0	Saneamento	14/1
1	Questões de Saneamento	21/1
2	Tratamento de Água	28/1
3	Rede e Tratamento de Esgoto	4/2
4	Hidráulica e Canais	11/2
5	Hidrologia	18/2
6	Irrigação	25/2
7	Barragens	4/3
8	Aproveitamento Hidrelétrico	11/3
9	Obras Portuárias	18/3

Agora, antes de apresentar a Aula 0, deixe eu me apresentar.

Sou engenheiro civil formado pelo Instituto Militar de Engenharia - IME e trabalho como auditor de controle externo no Tribunal de Contas da União – TCU. Fiz mestrado em engenharia civil na UnB e concluí com a dissertação: Medidas para Evitar o Superfaturamento em Obras Públicas decorrente dos Jogos de Planilha.

Na trajetória de concursos, após a elaboração de resumos, resolução de muitas questões e estudo focado, obtive aprovação nos concursos de Perito da Polícia Federal em Engenharia Civil, em 2004, e Auditor Federal de Controle Externo do TCU na área de obras públicas, em 2005. Hoje trabalho neste último.

Trabalhei durante seis anos como engenheiro militar e estou há onze no TCU, sempre participando de auditorias em obras públicas.

Na área de aulas, ministrei cursos de engenharia civil, presenciais e à distância, para o concurso do TCU, TCEs, TCMs, Câmara dos Deputados, CGU, CGEs, CGMs, Perito da PF, PCs, DNIT, CEF, ANTT, Bacen, MPU, MPEs, TRTs, TRFs, TJs, Petrobras, MPOG, ANAC, Funai, Assembleias Legislativas, Câmaras Municipais, Terracap, Artesp, Embasa, DPEs, Detran, Novacap, Saneago, Transpetro, Sabesp, entre outros.

Agora que vocês me conheceram um pouco, retornemos ao nosso curso.

Sabemos que as bancas cobram detalhes da bibliografia disponível nos livros e nas normas acerca do abrangente campo da engenharia civil previsto no edital. Por isso, apresento a teoria dos assuntos de forma detalhada e com base primordial nas normas da ABNT, por serem a fonte mais confiável. Com isso, vocês já estarão habituados aos textos passíveis de serem fontes das questões. Subsidiariamente recorro a livros consagrados de engenharia civil.

Busco mesclar figuras e fotos didáticas aos textos na busca de tornar a matéria o mais amigável possível, de forma a facilitar ao máximo o entendimento das informações truncadas das normas.

O desafio do estudo dessa especialidade é conseguir objetividade diante da sua vasta abrangência. E pretendo alcançar esse objetivo neste curso por meio da apresentação das questões. Afinal, não temos tempo a perder.

Primeiramente apresento a vocês a teoria e as questões relacionadas aos conteúdos teóricos, sem gabarito. Posteriormente, apresento as mesmas questões comentadas e, na parte final, reapresento as questões tratadas na aula, com o gabarito na última folha, para que vocês possam treinar.

Em muitas das questões, os comentários complementam a teoria trazendo mais informações.

Costumo destacar em negrito informações que acho com cara de questão.

Críticas e sugestões poderão ser feitas no próprio sistema do Estratégia assim como encaminhadas ao seguinte endereço de e-mail: marcus_campiteli@hotmail.com.

Dicas, informações e questões adicionais são publicadas no Instagram: **@profmarcuscampiteli.** Estarei no fórum de dúvidas para respondê-los. Bons estudos!!!

Aula 00: Abastecimento e Saneamento 5
1 – Introdução 5
2 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água 7
2.1 – Definições da NBR 12211 7
2.2 – Condições Gerais 8
2.3 – Consumidores a serem considerados 8
2.4 – Determinação da demanda de água 10
2.5 – Mananciais abastecedores 12
3 –Captação de Água 12
3.1 – Captação de água subterrânea 13
3.2 – Captação de Águas Superficiais 13
3.3 – Definições da NBR 12212 14
3.4 – Condições gerais e específicas 14
4 – Adução 15
4.1 – Definições da NBR 12215 15
4.2 – Caminhamento da adutora 16
4.3 – Projeto de adutora de conduto livre 16
4.4 – Projeto de adutora de conduto forçado 17
4.5 – Obras e dispositivos especiais 18
5 – Reservatórios de Distribuição 19
5.1 – Definições da NBR 12217 20
5.2 – Condições gerais e específicas 21
6 – Rede de Distribuição 21
6.1 – Definições da NBR 12218/2017 22
6.2 – Área a ser Abastecida 24
6.3 – Vazões para dimensionamento 24
6.4 – Pressão de Serviço 24
6.5 – Traçado das Tubulações 25
6.6 – Dimensionamento 25
6.7 – Distrito de Medição e Controle (DMC) 26
6.8 – Componentes da Rede e Equipamentos Acessórios 26

7 – Estações Elevatórias ou de Recalque 27

7.1 – Componentes de uma Estação Elevatória 28

7.2 – NBR 12214/2020, de 28/7/2020 – Projeto de Estação de Bombeamento ou de Estação Elevatória de Água - Requisitos 29

8 – Questões Comentadas 30

9 – Questões Apresentadas Nessa Aula 32

10 – Gabarito 40

11 – Referências Bibliográficas 40



AULA 00: ABASTECIMENTO E SANEAMENTO

Olá pessoal,

Vamos dar início ao nosso curso com o assunto de Saneamento.

Bons Estudos!

O conteúdo desta aula baseia-se nas normas da ABNT aplicáveis aos assuntos, citadas ao longo dos capítulos, no livro "Manual de Hidráulica", do renomado autor Azevedo Netto, por se aproximar do enfoque dado pelo Cespe nas questões de saneamento, e na apostila do curso de Saneamento I do IME, do professor Sandro Filippo.

Considerando a quantidade menor de questões do Cespe sobre Recursos Hídricos, trago também questões da FCC e da Cesgranrio para dar maior abrangência do assunto.

1 – INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água destina-se a abastecer de água potável a comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros. Essa água deverá ser em quantidade suficiente e da melhor qualidade sob o aspecto físico, químico e bacteriológico.

Um sistema de abastecimento público de água pode ser dividido nas seguintes partes:

a) Manancial: é a fonte de onde se retira a água;

b) Captação: conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a tomada d'água do manancial;

c) Adução: conjunto de condutos destinados ao transporte de água do manancial (água bruta) ou da água tratada;

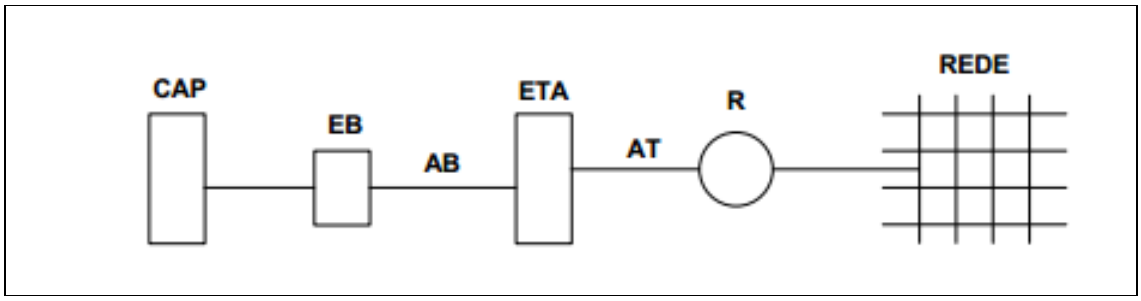
d) Tratamento: instalações que visam a melhoria das características qualitativas da água captada a fim de que se torne própria para o consumo (Estação de Tratamento de Água – ETA);

e) Reservação: armazenamento a água para atender a diversos propósitos como a variação de consumo, o fornecimento de água nos casos de interrupção da adução e manutenção da pressão mínima na rede de distribuição;

f) Rede de distribuição: condução da água para os edifícios e demais pontos de consumo, por meio de vias instaladas nas vias públicas;

g) Estações elevatórias ou de recalque ou de bombeamento: instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras.

Possível configuração de um sistema de abastecimento:



Fonte: Sandro Filippo (IME)

CAP: captação

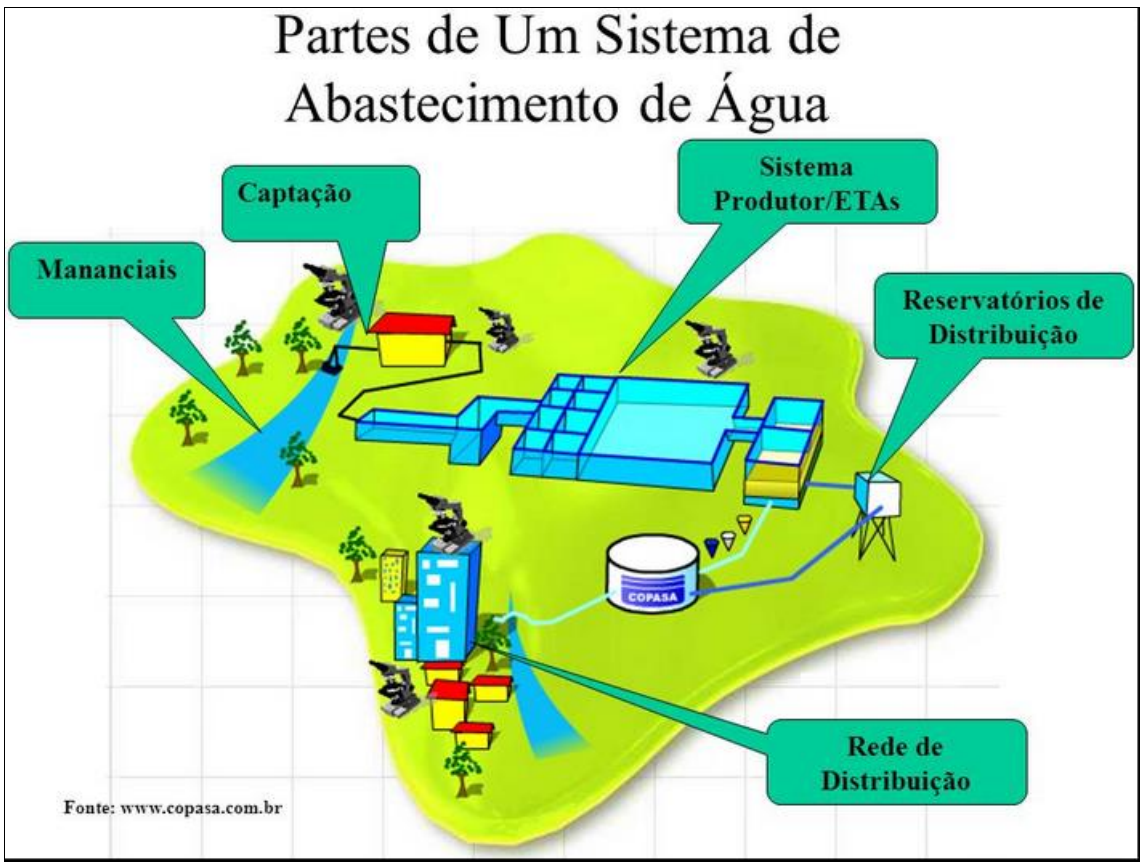
EB: Estação de Bombeamento

AB: adução de água bruta

ETA: Estação de Tratamento de Água

AT: adução de água tratada

R: reservação



2 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água

2.1 – Definições da NBR 12211

Estudo de concepção: Estudo de arranjos, sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, para a escolha da concepção básica.

Concepção básica: Melhor solução sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social.

População residente: Aquela formada pelas pessoas que têm o domicílio como residência habitual, mesmo que ausente na data do censo por período inferior a doze meses.

População flutuante: Aquela que, proveniente de outras comunidades, se transfere ocasionalmente para a área considerada, impondo ao sistema de abastecimento de água consumo unitário análogo ao da população residente.

População temporária: Aquela que, proveniente de outras comunidades ou de outras áreas da comunidade em estudo, se transfere para a área abastecível, impondo ao sistema consumo unitário inferior ao atribuído à população, enquanto presente na área, e em função das atividades que aí exerce.

População total em uma área da comunidade: Soma das populações residente, flutuante e temporária.

População abastecida: Aquela atendida pelo sistema de distribuição existente.

População abastecível: Parcela da população total, em uma área da comunidade, a ser abastecida pelo sistema de distribuição.

Consumidor singular: Aquele que, ocupando parte de uma área específica, apresenta um consumo específico significativamente maior

que o produto da vazão específica da área, pela área por ele ocupada.

Consumidor especial: Aquele que deve ser atendido, independentemente de aspectos econômicos relacionados ao seu atendimento.

Alcance do plano: Data prevista para o sistema planejado passar a operar com utilização plena de sua capacidade.

Data de início do plano: Data de início das obras constituintes do sistema, previamente fixada pelo contratante.

Data de início de operação: Data previamente fixada pelo contratante para início da operação do sistema, tendo em vista o tempo necessário para a sua implantação.

2.2 – CONDIÇÕES GERAIS

O estudo de concepção deve abordar, dependendo de sua aplicação e definição do contratante, os seguintes aspectos:

a) 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.

2.3 – CONSUMIDORES A SEREM CONSIDERADOS

Os consumidores a serem considerados compreendem os estabelecimentos residenciais, industriais e públicos.

A População abastecível deve ser constituída, no alcance do plano, de:

a) pelo menos 80% da população residente, quando esse percentual não é fixado pelo contratante;

b) parcelas das populações flutuante e temporária, cujos abastecimentos apresentem interesse econômico ou social, a juízo do contratante.

A população residente deve ser avaliada de acordo com um dos seguintes critérios:

- Mediante a extrapolação de tendências de crescimento, definidas por dados estatísticos suficientes para constituir uma série histórica, observando-se:

a) a aplicação de modelos matemáticos (mínimos quadrados) aos dados censitários do IBGE;

- deve ser escolhida como curva representativa de crescimento futuro, aquela que melhor se ajustar aos dados censitários;

b) o emprego de métodos que considerem os índices de natalidade, mortalidade, crescimento vegetativo e correntes migratórias;

- em ambos os casos, devem ser considerados fatores que venham a alterar a tendência de evolução socioeconômica da comunidade em estudo e da região;

- a projeção populacional adotada deve ser atualizada a cada novo levantamento censitário do IBGE, por ocasião da implantação de etapas futuras;

c) todas as discrepâncias apresentadas nos dados estatísticos, utilizados para definir a tendência de crescimento, devem ser devidamente estudadas e explicadas;

- quando a discrepância é decorrente de desmembramento ou agregações, o fato deve ser convenientemente considerado, no que diz respeito à tendência de crescimento que está sendo pesquisada;

d) a utilização de dados estatísticos não provenientes do IBGE exige a comprovação de confiabilidade.

- Mediante a aplicação à última população conhecida da comunidade em estudo das mesmas tendências verificadas em comunidades com características análogas às da comunidade em estudo, quando inexistirem dados característicos suficientes para constituir uma série histórica.

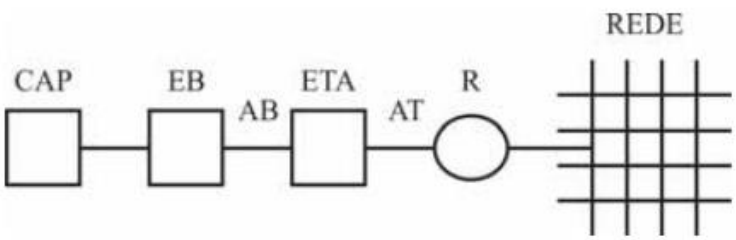
Pode ser aceito o estudo de crescimento de população, realizado com outra finalidade, desde que satisfaça aos critérios acima.

As populações flutuante e temporária devem ser avaliadas mediante critérios particulares, estabelecidos de comum acordo com o contratante.

Na falta de dados estatísticos ou informações de outras fontes e a critério do contratante, pode ser admitido que o número de estabelecimentos comerciais e públicos deve manter o mesmo fator de proporcionalidade com a população residente.

Os estabelecimentos industriais, que utilizam ou não água em seus processamentos, devem ser definidos por ocasião da elaboração do estudo de concepção, a partir de levantamento dos estabelecimentos existentes, com seus planos de expansão e dos que tiveram sua instalação já autorizada.

A população que condiciona o dimensionamento do sistema de abastecimento deve ser a população prevista até o alcance do plano, estudada segundo os critérios estabelecidos anteriormente.



2.4 – DETERMINAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

Na determinação da demanda de água devem ser considerados o consumo das ligações medidas e não medidas e o volume de perdas no sistema. Os volumes faturados não servem de base para o cálculo da demanda de água.

Os valores das demandas de água, adotados para dimensionamento do sistema de abastecimento, devem ser baseados em condições locais.

No caso de comunidades que contam com sistema público de abastecimento de água, as demandas devem ser determinadas através de dados de operação do próprio sistema, a menos que ocorram condições que tornem esses dados não confiáveis.

Quando os dados disponíveis são confiáveis, os valores de consumo devem ser determinados de acordo com os seguintes critérios:

- O consumo médio é igual à média dos volumes diários, consumidos no período mínimo de um ano.

- O coeficiente do dia de maior consumo (k1) deve ser obtido da relação entre o maior consumo diário, verificado no período de um ano e o consumo médio diário neste mesmo período, considerando-se sempre as mesmas ligações. Recomenda-se que sejam considerados, no mínimo, cinco anos consecutivos de observações, adotando-se a média dos coeficientes determinados.

Recomenda-se que sejam feitas observações ao longo de cinco anos consecutivos no mínimo.

k1 varia em geral de 1,10 a 1,50. No Brasil, costuma-se adotar k1 = 1,20.

- O coeficiente da hora de maior consumo (k2) é a relação entre a máxima vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo.

k2 varia em geral de 1,50 a 2,00. No Brasil costuma-se adotar k2 = 1,50.

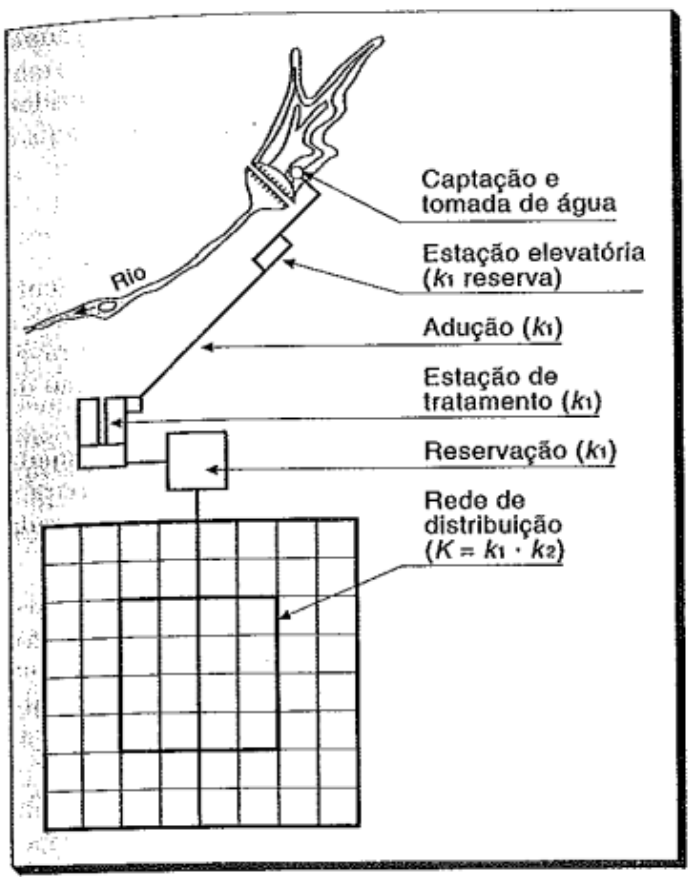
A multiplicação de k1 por k2 resulta no coeficiente de reforço (K).

$$K = k1 \times k2$$

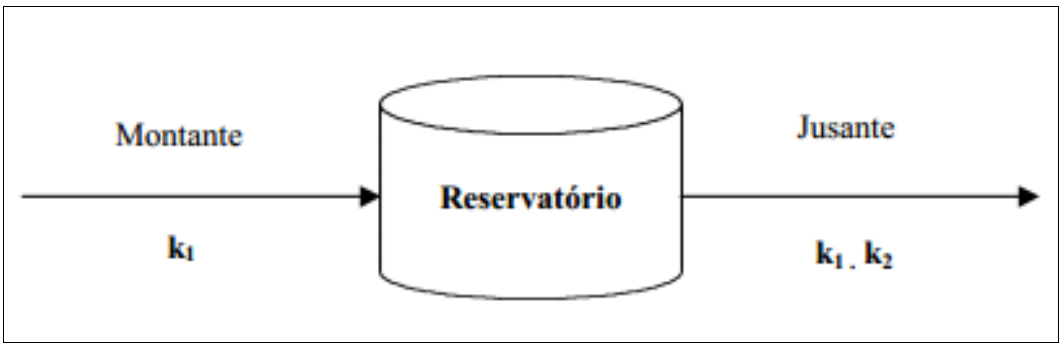
Pode-se adotar também um novo fator (k3) para levar em conta as variações instantâneas de vazão. A utilização de k3 geralmente ocorre onde são inexistentes os reservatórios prediais.

- Para a determinação dos valores do consumo médio diário, do coeficiente do dia de maior consumo e do coeficiente da hora de maior consumo, devem ser excluídos os consumos dos dias em que ocorram acidentes, no sistema, ou fatos excepcionais responsáveis por alteração do consumo.

Ao serem previstos reservatórios de distribuição com capacidade adequada para suprir os volumes excedentes nas horas de grande consumo, as instalações situadas a montantes (antes do reservatório) não precisam ser dimensionadas com o coeficiente k2, conforme representado na figura a seguir:



Fonte: Azevedo Neto



Fonte: Sandro Filippo (IME)

Os **principais fatores que influenciam o consumo** de água numa localidade são:

a) Clima: quanto mais quente maior o consumo;

b) Padrão de Vida da população: quanto mais alto o padrão de vida maior o consumo;

c) Hábitos da População: higiene, turismo, esportes etc;

d) Sistema de Fornecimento e Cobrança: se o serviço é medido inibe o consumo;

e) Qualidade da água fornecida: água de boa qualidade tende a aumentar o consumo;

f) Custo da Tarifa: tarifas altas inibem o consumo;

g) Pressão na rede distribuidora: quanto maior a pressão, maior a vazão fornecida e, consequentemente, maior o consumo;

h) A natureza, o crescimento e as características da cidade: o consumo por habitante tende a aumentar com o crescimento da cidade; quanto maior o grau de desenvolvimento de uma cidade maior o consumo;

i) Atividades industriais, comerciais e públicas: cada atividade desta possui um tipo de consumo diferenciado; a predominância destas atividades altera o consumo por habitante.

Consideram-se os seguintes tipos de consumo da água: uso doméstico, uso comercial, uso industrial, uso público, usos especiais (combate a incêndios), e perdas e desperdícios.

Perda é a diferença entre o volume de água produzido nas Estações de Tratamento de Água – ETA e o total dos volumes medidos nos hidrômetros, ou seja, índice de perdas é a porcentagem do volume produzido que não é faturada pela concessionária dos serviços.

Uma medida para reduzir as perdas, é reduzir a pressão na rede, introduzindo válvulas de redução de pressão em pontos estratégicos, para atuação onde as pressões são elevadas.

2.5 – MANANCIAIS ABASTECEDORES

Devem ser considerados abastecedores todos os mananciais que apresentem condições sanitárias satisfatórias e que, isolados ou agrupados, apresentem vazão suficiente para atender à demanda máxima prevista para o alcance do plano.

Devem ser levadas em conta as condições futuras que os mananciais possam apresentar, em decorrência do crescimento de agentes poluidores.

Os mananciais abastecedores podem ser classificados em dois grandes grupos: manancial subterrâneo e manancial superficial.

A vazão a ser considerada, para fins de escolha de mananciais abastecedores, deve ser a correspondente ao dia de demanda máxima prevista para o alcance do plano.

Devem ser criteriosamente considerados quaisquer outros usos dos mananciais que possam ser abastecedores do sistema.

Quando a diferença entre a vazão disponível estimada para o manancial e a vazão requerida não ultrapassar 10% da vazão necessária, além do manancial estudado para abastecer o sistema, deve-se complementar a vazão requerida em condições técnicas e econômicas aceitáveis.

3 –CAPTAÇÃO DE ÁGUA

As obras de captação dependem do manancial a ser aproveitado na implantação do sistema de abastecimento de água.

3.1 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Primeiramente, avaliam-se as reservas existentes por estudos prospectivos.

a) Fontes ou Bicas de Água (água aflorante ou surgente)

As fontes ou bicas de água, com água aflorante ou surgente, normalmente fornecem pouca vazão. As obras consistem basicamente de uma caixa receptora e acumuladora. Dessa caixa, a água deverá ser levada para a estação de tratamento para posterior distribuição.

b) Lençol Freático ou Subsuperficial

O aproveitamento do lençol freático ou subsuperficial é feito normalmente em fundos de vale ou nas suas proximidades. A vazão também é relativamente baixa. O aproveitamento pode ser feito horizontalmente por um sistema de drenos coletores ou verticalmente pela perfuração de poços rasos.

O tipo de captação vai depender da espessura da camada aquífera. Recomenda-se profundidade mínima de 3 m para a coleta dessas águas, a fim de impedir a entrada de água insuficientemente filtrada através do solo.

c) Lençol Profundo ou Artesiano

Abaixo do lençol freático ou subsuperficial, geralmente, encontram-se camadas de terreno impermeável, com camadas aquíferas, denominadas lençol profundo ou artesiano. A extração dessa água se faz pela perfuração de poços tubulares profundos.

Na perfuração de poços profundos numa região sinclinal, a água contida no lençol artesiano poderá jorrar devido à pressão da água situada nas partes mais elevadas do lençol, obtendo-se o denominado artesianismo natural. Já na perfuração de poços numa região plana, sem elevações próximas, a água terá que ser elevada por conjuntos motor-bomba, denominando-se, então, artesianismo comum.

O diâmetro útil desses poços é função direta da vazão de aproveitamento do poço, variando normalmente entre 150 a 300 mm, podendo chegar a 600 mm.

Quando a camada aquífera é constituída de material granular, instalam-se filtros, telas ou crivos na sua extremidade inferior.

3.2 – CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Os mananciais superficiais são constituídos pelos córregos, rios, lagos e reservatórios artificialmente criados. Estes últimos, quando construídos com a finalidade de garantir determinado volume de água para fins de abastecimento público, passam a fazer parte da captação do sistema.

De um modo geral, os elementos de uma captação e tomada de água em mananciais superficiais são:

- barragens de acumulação ou de manutenção de nível a fim de complementar a vazão na época de estiagens ou para facilitar a retirada de água;

- dispositivo de tomada de água protegido, de forma a impedir a entrada de materiais em suspensão na água (grades, caixas desaneradoras etc);

- mecanismos de controle de entrada de água;

- tubulações e órgãos acessórios;

- poço de sucção das bombas;

- casa de bombas, para alojamento dos conjuntos elevatórios.

No caso de lagos e rios de grande profundidade, com grandes oscilações do nível de água, recomenda-se a construção de torres de tomada ou tubulações junto ou nas proximidades da margem, dentro das quais são instaladas bombas de eixo vertical. Os motores e o equipamento elétrico de comando e controle ficam instalados na parte superior da estrutura, acima no nível da enchente máxima.

3.3 – Definições da NBR 12212

- Captação: conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada a um sistema de abastecimento.

- Barragem de nível: obra executada em curso de água para elevar o nível do manancial a uma cota predeterminada.

- Enrocamento: barragem de nível constituída de blocos de rocha colocados no curso de água.

- Tomada de Água: conjunto de dispositivos destinado a conduzir a água do manancial para as demais partes constituintes da captação.

- Grade: dispositivo constituído de barras paralelas, destinado a impedir a passagem de materiais grosseiros, flutuantes ou em suspensão.

- Tela: dispositivo constituído de fios que formam malhas destinado a reter materiais flutuantes não retidos na grade.

- Desanerador: dispositivo destinado a remover da água partículas, com velocidade de sedimentação igual ou superior a um valor prefixado.

- Transporte intenso: transporte de sólidos sedimentáveis em suspensão, com concentração superior a 1 g/L.

3.4 – Condições gerais e específicas

A captação deve ser localizada em trecho reto ou próximo à margem externa do curso de água.

Quando o nível de água mínimo de projeto o exige, deve ser prevista a construção de barragem de nível.

Em caso de transporte de sólidos intenso, deve ser estudada a possibilidade de inserção de barragem oblíqua em relação ao eixo do rio, ou da localização da tomada de água em canal lateral.

4 – ADUÇÃO

As adutoras são as canalizações principais destinadas a conduzir água entre as unidades de um sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição.

Elas interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e esta, aos reservatórios do mesmo sistema.

Canalizações secundárias derivadas da adutora destinadas a conduzir água até outros pontos do sistema denominam-se subadutoras, assim como as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro.

As adutoras e as subadutoras são as unidades principais de um sistema público de abastecimento de água.

Em função da natureza da água conduzida, as adutoras e subadutoras podem ser denominadas de água bruta ou de água tratada. Já quanto à energia utilizada pela movimentação da água, elas podem ser: por gravidade (conduto livre ou forçado), por recalque ou mistas (combinação das anteriores).

4.1 – DEFINIÇÕES DA NBR 12215

- **Chaminé de equilíbrio:** estrutura destinada a amortecer ondas de subpressão e sobrepressão resultantes de um eventual regime transitório em uma tubulação, atuando como reservatório intermediário de nível variável em consequência do regime transitório atuante.

- **Conduto forçado:** aquele em que a água ocupa totalmente a seção de escoamento, com pressão diferente da atmosférica.

- **Conduto livre**: aquele em que a água ocupa apenas parte da seção de escoamento e apresenta, assim, superfície livre, sujeita a pressão atmosférica.

- **Golpe de aríete:** fenômeno de escoamento de um líquido em conduto forçado, em regime variado.

- **Sifão:** conduto forçado por gravidade, situado inteiramente acima da linha piezométrica.

- **Sifão invertido:** conduto forçado por gravidade, **situado inteiramente abaixo da linha piezométrica** e que normalmente interliga dois trechos da adutora de conduto livre.

4.2 – CAMINHAMENTO DA ADUTORA

O caminhamento da adutora de conduto forçado deve evitar terrenos rochosos, alagadiços e de baixa resistência, áreas com declividade elevada, pavimento rígido, e qualquer outro obstáculo que comprometa os trabalhos de sua implantação, operação e manutenção.

O caminhamento também deve evitar interferência com:

a) instalações aeroportuárias, complexos industriais ou áreas cuja ocupação apresente interesse social ou de segurança pública, nas condições impostas pelas autoridades competentes;

b) vias de tráfego intenso;

c) estradas de ferro eletrificadas, ou com viabilidade de futura eletrificação, linha de alta-tensão, oleoduto, gasoduto. Em caso de cruzamento ou caminhamento ao longo dessas interferências, reduzir a possibilidade da adutora ser afetada por corrosão eletrolítica.

A adutora deve ser instalada de preferência em área de domínio público, respeitando a legislação vigente, não sendo isso possível ou viável, o projeto deve prever a desapropriação da faixa ou a instituição de servidão sobre ela.

Em áreas urbanas, convém que o caminhamento esteja condicionado ao sistema viário existente ou planejado.

4.3 – PROJETO DE ADUTORA DE CONDUTO LIVRE

A adutora pode ter trechos retilíneos ou curvos em planta, sendo recomendado manter declividade constante. **A declividade máxima admitida em cada trecho da adutora é limitada pelos valores de velocidade.**

Caso as condições topográficas ou de estabilidade das paredes o exijam, a adutora pode ser escalonada, para atender aos critérios de velocidade máxima em cada trecho.

O escalonamento pode ser obtido por queda vertical livre ou inclinada, sendo que:

a) na queda inclinada, o escoamento deve passar do regime fluvial no trecho de montante para o regime torrencial ao longo de um trecho inclinado, constituído de material resistente aos efeitos da alta velocidade e com formato adequado para a boa concordância entre os condutos de montante e de jusante;

b) após a queda, deve existir estrutura de dissipação da energia cinética.

A concordância entre a adutora e um sifão invertido de seção circular deve ser feita por meio de uma estrutura de transição, projetada de modo a manter estável o regime de escoamento a montante e a jusante do sifão.

Em determinadas seções da adutora devem ser previstas dispositivos de isolamento e extravasamento, estes com canais adequados de descarga, que garantam a estabilidade da adutora.

A adutora transportando água potável deve ser totalmente fechada, ter paredes impermeáveis e ser protegida contra possível contaminação por agentes externos.

A adutora aberta ou com cobertura descontínua deve ser protegida contra os efeitos de enxurradas.

O dimensionamento da adutora deve ser feito de preferência pela fórmula de Chezy.

No dimensionamento dos trechos da adutora sujeitos a escoamento gradualmente variado, deve-se efetuar o cálculo das curvas de remanso hidráulico.

Nas adutoras não revestidas, deve ser verificada a estabilidade do fundo e dos taludes à erosão.

As velocidades máximas para dimensionamento de adutoras revestidas são:

- alvenaria de tijolos: 2,5 m/s
- rochas estratificadas: 2,5 m/s
- rochas compactas: 4,0 m/s
- concreto: 5,0 m/s

Quando a água transporta material sólido, deve-se observar o limite mínimo de velocidade, de modo a evitar a deposição de sedimentos.

A adutora de seção transversal fechada deve ter lâmina d'agua máxima correspondente à seção de escoamento de máxima eficiência.

4.4 – PROJETO DE ADUTORA DE CONDUTO FORÇADO

Para adutora de água bruta, deve ser adotada a **velocidade mínima de 0,6 m/s e para água tratada de 0,3 m/s**. Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificada.

As **velocidades máximas** de dimensionamento **não podem ultrapassar 3 m/s** na tubulação. Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificada.

A velocidade crítica de arraste de ar deve ser avaliada em cada trecho da adutora para as vazões de projeto.

Para o **dimensionamento hidráulico da tubulação**, deve ser considerado, para o horizonte de projeto, o **coeficiente de Hazen Williams** ou equivalente na equação universal e, também, o envelhecimento, incrustação e deposição nas paredes da tubulação. Recomenda-se o estudo diferenciado do coeficiente para água bruta e para água tratada.

Para temperatura do fluido muito diferente da temperatura ambiente, recomenda-se a aplicação da equação universal.

Recomenda-se que a adutora seja composta de **trechos ascendentes com declividade ≥ 0,2% e trechos descendentes com declividade ≥ 0,3%.**

São recomendados os traçados que apresentem **trechos ascendentes longos com pequena declividade, seguidos de trechos descendentes curtos, com maior declividade.**

Quando a **inclinação** do conduto for **> 25%**, há a necessidade de se utilizar **blocos de ancoragem** para dar estabilidade à tubulação.

A linha piezométrica da adutora em regime permanente deve situar-se, em quaisquer condições de operação, acima da geratriz superior do conduto.

No caso de adutora precedida de conduto livre descoberto, deve haver, na entrada do conduto forçado, grade e tela.

Adutoras ramificadas devem ter dispositivos para controle da vazão em cada ramo alimentador de reservatório, bem como válvulas de fechamento das derivações, para isolamento e manutenção de trechos sem paralisar totalmente o abastecimento.

As adutoras compostas de trecho de recalque seguido por gravidade devem conter dispositivos que garantam a condição de escoamento forçado em qualquer situação, por meio de estrutura de controle.

A pressão de serviço mínima atuante deve ser ≥ 50 kPa em regime permanente na condição da vazão de estudo e/ou projeto. Pressão mínima adotada inferior à indicada precisa ser justificada tecnicamente e aprovada pela operadora/contratante.

Recomenda-se que o sistema seja mantido pressurizado, quando operado ou parado, em toda a sua extensão.

Recomenda-se que as pressões mínimas, devidas aos transitórias hidráulicos em qualquer seção da adutora, sejam > que a pressão atmosférica para sistema com água tratada e de no máximo -20 kPa para sistemas com água bruta.

Em adutoras de água tratada, deve-se evitar a ocorrência de pressão negativa para tubulação com junta elástica, e nos pontos com dispositivos para admissão e/ou expulsão de ar, em área inundável ou sujeita a contaminação da tubulação não se admite pressão negativa.

4.5 – OBRAS E DISPOSITIVOS ESPECIAIS

Deve-se prever, nos condutos forçados, válvulas de bloqueio:

a) no início da adutora, e quando necessário, no final;

b) para permitir a operação em subtrechos conforme necessidade operacional;

c) nas derivações ao longo da adutora, junto ao ponto de ligação com as unidades operacionais e em pontos identificados como necessários.

Nos condutos forçados, deve-se prever também válvula de descarga nos pontos baixos ou em pontos estratégicos, com indicação em projeto do ponto de lançamento da água de descarga, com a finalidade de limpar e esvaziar a tubulação, tomando-se o cuidado, no caso de água tratada, de não permitir o retorno e a entrada da água de descarga para o seu interior.

A válvula de descarga deve:

a) ser dimensionada de modo a propiciar velocidade mínima de arraste, para remover o material eventualmente sedimentado;

b) proporcionar o esvaziamento completo do trecho da adutora, por gravidade, caso não seja possível, prever meio adequado de esvaziamento;

c) prever a dissipação da energia da água descarregada e o encaminhamento desta a um sistema receptor.

Deve ser previsto dispositivo de descarga e admissão de ar (ventosa), visando a melhorar a operação da adutora, as operações de enchimento e/ou esvaziamento e os efeitos na ocorrência dos transitórios hidráulicos, em pontos estratégicos da adutora, conforme a seguir:

a) no ponto de alimentação da adutora;

b) na saída de bombeamento;

c) na saída de reservatório em tubulação operando por gravidade;

d) em trecho longo de tubulação sem derivações;

e) em mudanças de declividade;

f) em pontos suscetíveis de acumulação de ar;

g) em pontos altos;

h) a jusante de válvula de bloqueio;

i) em pontos intermediários de entrada de ar quando a linha piezométrica correspondente à descarga de um trecho da adutora estiver situada abaixo desta.

O dispositivo deve ser dimensionado considerando a velocidade de esvaziamento e de enchimento da tubulação e atender aos requisitos a seguir:

a) a velocidade de água admitida para a fase de enchimento da tubulação deve ser da ordem de 0,3 m/s;

b) permitir a descarga de vazão de ar equivalente/compatível à vazão de enchimento de cada trecho da adutora;

c) admitir a vazão de ar equivalente/compatível à vazão máxima de água descarregada pela descarga de cada trecho a ser drenado.

5 – Reservatórios de Distribuição

São unidades destinadas a compensar as variações horárias de vazão. A depender da sua configuração e posição com relação à rede, os reservatórios podem ser classificados em:

a) enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados;

b) de montante ou de jusante.

Os reservatórios de distribuição são dimensionados para satisfazer às seguintes condições:

- funcionar como volantes de distribuição, atendendo à variação horária do consumo (volume útil);

- prover uma reserva de água para combate a incêndios;

- manter uma reserva para atender as condições de emergência (acidentes, reparos nas instalações, interrupções da adução etc).

Para satisfazer à primeira condição, os reservatórios, empiricamente, devem ter capacidade superior a 1/6 do volume consumido em 24 horas. O cálculo do volume necessário deve ser feito com o diagrama de massas, quando se conhece a variação de consumo.

Para atender a segunda condição, a saída de água operacional fica acima do fundo e a saída de incêndio, no fundo.

No caso de reservatórios elevados (torres), por medida econômica, adota-se o dimensionamento na base de 1/5 do volume distribuído em 24 horas (torres isoladas), chegando-se a 1/8.

Quando houver reservatórios elevados e enterrados, a capacidade total deverá corresponder a 1/3 do volume distribuído em 24 horas, de forma a reduzir as partidas e paradas das bombas e garantir uma reserva mínima em cota elevada para casos de interrupção do fornecimento de energia elétrica.

Para atender à condição de manutenção das pressões na rede de distribuição dentro dos limites pré-fixados é necessário que:

- a pressão dinâmica mínima da rede no nó mais desfavorável da rede seja de 100 kPa (10 mca);

- a pressão estática máxima da rede no nó mais baixo da rede seja de 500 kPa (50 mca).

5.1 – Definições da NBR 12217

- **Reservatório de distribuição:** Elemento do sistema de abastecimento de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.

- **Reservatório elevado:** Reservatório cuja função principal é condicionar as pressões nas áreas de cotas topográficas mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório principal.

- **Reservatório de montante:** Reservatório que sempre fornece água à rede de distribuição.

- **Reservatório de jusante (ou de sobra):** Reservatório que pode fornecer ou receber água da rede de distribuição.

- **Volume útil:** Volume compreendido entre os níveis máximo e mínimo, para atender às variações diárias de consumo.

- **Nível máximo:** Maior nível que pode ser atingido em condições normais de operação.

- **Nível mínimo:** Correspondente à lâmina necessária para evitar vórtices, cavitação e arrasto de sedimentos do fundo do reservatório.

- **Reservação total:** Soma dos volumes úteis de todos os reservatórios, que pode ser referida a uma única zona de pressão ou a todo o sistema de distribuição

5.2 – CONDIÇÕES GERAIS E ESPECÍFICAS

O volume necessário para atender às variações de consumo deve ser avaliado a partir de dados de consumo diário e do regime previsto de alimentação do reservatório, aplicando-se o fator 1,2 ao volume assim calculado, para levar em conta incertezas dos dados utilizados.

O fundo do reservatório deve ficar acima do nível de água máximo do lençol freático e da cota de inundação máxima.

Sob o fundo do reservatório, construído de material fissurável, deve ser previsto sistema de drenagem subestrutural, para eventuais vazamentos.

A velocidade de água na canalização de entrada não deve exceder o dobro da velocidade na adutora que alimenta o reservatório.

A velocidade da água na canalização de saída não deve exceder uma vez e meia a velocidade na tubulação da rede principal imediatamente a jusante.

A saída de água deve ser protegida por crivo ou grade com abertura máxima de 50 mm e com área de passagem pelo menos 50% maior que a da seção de saída.

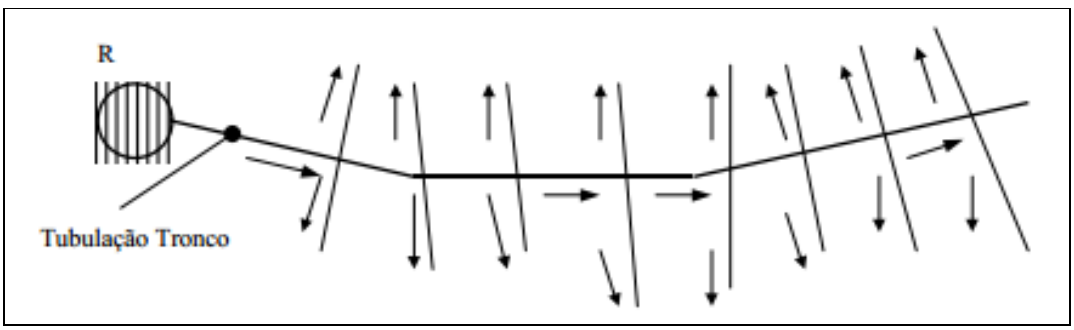
6 – REDE DE DISTRIBUIÇÃO

É a unidade do sistema que conduz a água para os pontos de consumo, constituída por um conjunto de tubulações e peças especiais, com o intuito de garantir o abastecimento dos consumidores de forma contínua nas quantidades e pressão recomendadas.

Os condutos da rede de distribuição podem ser classificados em principais e secundários, sendo os principais os de maior diâmetro responsáveis pela alimentação de condutos secundários.

Segundo o seu traçado, as redes de distribuição podem ser:

- **ramificadas:** admitem um único sentido de circulação da água. Caracterizam-se por uma artéria principal, da qual partem transversais que dão um formato de “espinha de peixe”, nome pelo qual também é conhecida. É comum em pequenas localidades de traçado linear;

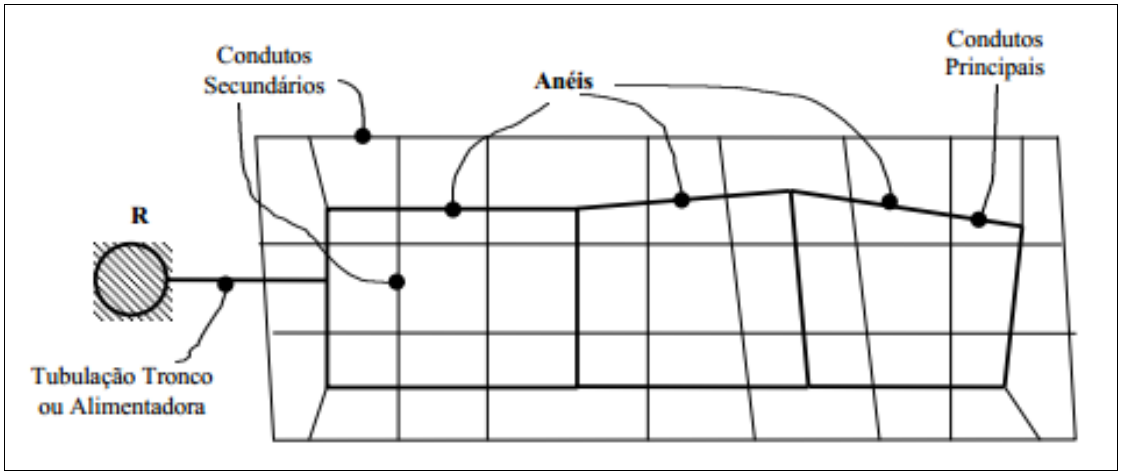


Fonte: Sandro Filippo (IME)

- **malhadas:** o sentido de circulação em cada trecho depende da diferença de pressões em seus nós extremos. Os condutos formam verdadeiras malhas, nas quais a água pode se deslocar num ou noutro sentido, dependendo da solicitação do consumo. Isso permite que uma tubulação seja

reparada sem prejudicar o abastecimento de grandes áreas, pois a água efetuará um caminhamento diferente através de outros condutos. Nesta ocasião basta fechar os registros de manobra das extremidades do trecho a ser reparado para isolá-lo do conjunto.

Este tipo de rede é adotado em quase todos os centros urbanos. Ao contrário das redes ramificadas que apresentam uma tubulação tronco, nas redes malhadas existem várias canalizações principais, formando vários anéis.



Fonte: Sandro Filippo (IME)

6.1 – Definições da NBR 12218/2017

- **Alcance do plano:** definição do ano final de abrangência do plano e/ou estudo.

- **Categoria de consumidor:** qualificação do consumidor, de acordo com o uso principal que faz da água.

- Coeficiente k1, k2, k3:

- k1: coeficiente de variabilidade máxima diária do fluxo
- k2: coeficiente de variabilidade máxima horária do fluxo
- k3: coeficiente de variabilidade mínima do fluxo

- Conduto principal: tubulação da rede de distribuição de maior diâmetro, com a finalidade de abastecer tubulações secundárias.

- Conduto secundário: tubulação da rede de distribuição de menor diâmetro, com a função de abastecer os pontos de consumo.

- **Consumidor singular/grande consumidor:** aquele que apresenta um consumo significativamente maior que o consumo médio específico adotado para a área.

- **Consumidor especial:** aquele que deve ter seu atendimento priorizado, em decorrência de motivos justificáveis, independentemente de aspectos econômicos relacionados ao seu atendimento.

- **Ligação predial de água:** trecho do sistema de distribuição de água que objetiva o abastecimento de um ou mais usuários, compreendido a partir da tomada d'água na rede de distribuição até a unidade de medição de consumo, inclusive.

- **Perdas aparentes:** volume de água consumido, mas não contabilizado pela operadora.

- **Perdas reais:** volume de água produzido que não chega ao consumidor final.

- **Perdas totais:** soma das perdas reais e perdas aparentes.

- **População abastecida:** aquela atendida pelo sistema de abastecimento de água.

- **População de projeto:** aquela projetada para ser atendida em um determinado período.

- **População final/população de alcance do plano:** aquela prevista para o ano de alcance do plano ou projeto.

- **População flutuante/população temporária:** aquela que utiliza temporariamente o sistema, ocasionando impactos a ele.

- **População inicial:** aquela a ser atendida no ano de início de operação da unidade.

- **População residente:** aquela permanente na área em estudo.

- **População total:** soma das populações residente e flutuante, ou temporária, atendível no alcance do plano ou projeto.

- **Pressão de serviço:** pressão atuante nos componentes do sistema quando da ocorrência do regime hidráulico permanente.

- **Pressão estática disponível ou simplesmente pressão estática:** Pressão em determinado ponto da tubulação, referenciada ao nível do terreno, sob condição de **consumo nulo**.

- **Pressão dinâmica disponível ou simplesmente pressão dinâmica:** Pressão em determinado ponto da tubulação, referenciada ao nível do terreno, sob condição de consumo.

- **Ramal predial de água:** tubulação compreendida entre a rede de distribuição de água e a unidade de medição de consumo.

- **Rede de distribuição de água:** unidade do sistema de abastecimento constituída de tubulações, componentes e equipamentos acessórios, destinada a disponibilizar água potável aos consumidores.

- **Rede malhada:** rede constituída por tubulações interligadas em circuitos fechados.

- **Rede ramificada:** tubulação principal que alimenta tubulações secundárias, não formando circuitos fechados.

- **Rede mista:** rede constituída por trechos com rede malhada e ramificada.

- **Setor de abastecimento:** parte do sistema que pode englobar reservatórios, estações elevatórias, redes primárias, secundárias e acessórios, dividida de forma a permitir um melhor gerenciamento do sistema.

- Setor de manobra: menor subdivisão da rede de distribuição, cujo fluxo da água pode ser isolado ou direcionado para permitir manutenções e/ou intervenções, mantendo o abastecimento do restante da rede.

- Transitório hidráulico: escoamento não permanente em regime variado, que ocorre entre um regime permanente e outro.

- **Vazão média:** volume de um fluido por unidade de tempo, avaliado para cada etapa do plano ou projeto, desprezando-se a variabilidade diária (k1) e horária (k2) do fluxo.

- Zona de pressão: Área abrangida pela divisão de abastecimento, na qual as pressões estática e dinâmica obedecem a limites prefixados.

6.2 – Área a ser Abastecida

Devem ser verificadas as áreas específicas, considerando as diferentes ocupações de solo: residencial, comercial, pública, industrial, especial.

Devem também ser verificadas as áreas do perímetro urbano atual e de expansão, de acordo com o uso e a ocupação do solo definidos em legislação em vigor.

6.3 – Vazões para Dimensionamento

As vazões para dimensionamento devem atender a toda a área a ser abastecida.

Devem ser consideradas as vazões para atender a grandes consumidores, consumidores especiais, áreas de expansão, prevenção contra incêndio, população flutuante.

O índice de perda total (real e aparente) deve ser considerado na vazão, levando em consideração as metas resultantes das ações e planos de controle e redução de perdas da operadora do sistema de abastecimento e sua evolução no horizonte de estudo ou do projeto.

Deve ser adotada a **vazão máxima horária de horizonte de projeto em cada etapa definida**.

Aplicar o coeficiente k3 para verificação da pressão máxima noturna.

Os coeficientes **k1, k2, k3** devem ser obtidos a partir dos dados existentes na localidade. Quando da **inexistência de histórico**, adotar os valores **1,2; 1,5 e 0,5**, respectivamente.

6.4 – Pressão de Serviço

A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 400 kPa, podendo chegar a 500 kPa em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa, a ser referenciada ao nível do terreno, exceto trechos de condutos principais que não abastecem consumidores ou tubulações secundárias, que devem ser verificadas quanto à estabilidade estrutural e à segurança sanitária.

Sempre que possível adotar as pressões estáticas entre 250 kPa e 300 kPa, com o objetivo de diminuir as perdas reais.

Valores de projeto da pressão estática superiores à máxima e os de pressão dinâmica inferiores à mínima podem ser aceitos, desde que justificados técnica e/ou economicamente, cabendo verificar se esta pressão é suportada por todos os componentes do sistema.

6.5 – Traçado das Tubulações

Em áreas urbanas, as tubulações devem ser localizadas preferencialmente em áreas ou vias públicas, em passeios, formando circuitos fechados, evitando pontas de rede e água estagnada.

Ao longo das tubulações principais, independentemente dos seus diâmetros, devem ser previstas tubulações secundárias de distribuição para atender as ligações prediais do trecho.

A rede pode ser dupla nos seguintes casos:

a) quando o estudo técnico, considerando aspectos da operação, manutenção e econômico demonstrar que esta seja a solução mais indicada;

b) quando as características geométricas e operacionais das vias exigirem;

c) quando, nos municípios, houver exigência na legislação e/ou a critério técnico da operadora responsável pelo sistema de abastecimento de água.

6.6 – Dimensionamento

O diâmetro mínimo dos condutos secundários é de 50 mm. Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificada.

Para o dimensionamento hidráulico das tubulações, deve ser considerado para o horizonte de projeto, o coeficiente de Hazen Wialliams ou equivalente de equação universal e também, o envelhecimento, incrustação e deposição nas paredes da tubulação.

As velocidades máximas de dimensionamento devem corresponder a uma **perda de carga de até 10 m/km. Devem ser evitadas velocidades mínimas inferiores a 0,40 m/s.** Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificada.

A velocidade admitida para o enchimento da tubulação deve ser da ordem de 0,3 m/s.

O dimensionamento e a análise do funcionamento global do sistema hidráulico devem ser realizados por simulações hidráulicas, que garantam resíduos máximos de vazão e de carga piezométrica de 0,1 l/s e 0,5 kPa, respectivamente.

Recomenda-se na simulação para avaliação da capacidade dos hidrantes a aplicação da demanda máxima horária na rede de distribuição.

O dimensionamento dos condutos principais pode ser feito supondo consumos concentrados nos pontos nodais e em pontos singulares intermediários, que representem o consumo distribuído ao longo do sistema.

Os grandes consumidores e os consumidores especiais devem ter suas vazões associadas a pontos nodais.

6.7 – Distrito de Medição e Controle (DMC)

Recomenda-se que o DMC abranja uma área que apresente uma das seguintes características, com o objetivo de proporcionar controle e eficiência:

a) máximo de 5.000 ligações;

b) extensão máxima de 25 km de rede.

O processo de delimitação do DMC deve minimizar o custo de instalação e manutenção do sistema, procurando seguir a topologia natural, as fronteiras hidráulicas da rede, e ter como base as zonas de pressão e outros subsistemas já existentes.

Para a instalação do DMC, recomenda-se o seccionamento das redes limítrofes, evitando-se ao máximo manter ou instalar válvulas de fechamento.

A alimentação do DMC deve ser feita pelo menor número de pontos possível.

O DMC deve ser equipado com medidores de vazão em todas as entradas e saídas, medidores de pressão nos pontos críticos da rede, que podem ter previsão de instalação permanente ou dispositivo para a sua inserção, quando da realização de coleta de dados operacionais.

O DMC deve ser subdividido em setores de manobra (SM).

Recomenda-se que o SM abranja uma área que apresente uma das seguintes características:

a) máximo de 500 ligações;

b) extensão máxima da rede = 3 km.

O **SM** deve ser dotado dos seguintes equipamentos:

a) **válvula de manobra** para isolamento do setor e/ou direcionamento do fluxo;

b) **válvula de descarga** para o esgotamento de água do setor de tal forma que seja descartada somente a água mínima necessária para a execução dos serviços de manutenção e/ou limpeza da rede;

c) **ventosa** para proteção do sistema, que permita eliminar ou admitir ar na tubulação, auxiliando nas operações de esvaziamento e/ou enchimento das redes que compõem o setor.

6.8 – Componentes da Rede e Equipamentos Acessórios

a) Válvula de Manobra:

Na tubulação principal deve ser prevista válvula de manobra que permita a operação da tubulação em subtrechos, conforme necessidade operacional. E na tubulação secundária, deve ser prevista válvula de manobra junto ao ponto de ligação à tubulação principal e em pontos identificados como necessários.

b) Válvula de Descarga:

Deve ser prevista válvula de descarga nos pontos baixos ou em pontos estratégicos da rede com indicação em projeto do ponto de lançamento da água da descarga, que deve ser conduzida a local adequado. Para o ponto de lançamento da descarga, devem ser verificadas a capacidade hidráulica e as exigências legais.

A válvula de descarga deve ser instalada para limpar e esvaziar a tubulação. Devem ser tomados cuidados, de forma a não permitir o retorno e a entrada de água da descarga para o interior da rede.

c) Ventosas:

Prever a instalação de ventosas nos pontos estratégicos da rede, para **permitir a expulsão e admissão de ar**.

Verificar a necessidade de ventosa em pontos de alimentação da rede principal, a partir de elevatórias ou *boosters*, nas saídas dos reservatórios nas tubulações operando por gravidade, em trecho longo de tubulação sem derivações, em mudanças de declividade.

O dimensionamento da ventosa deve considerar a velocidade de esvaziamento e de enchimento das tubulações.

d) *Booster* e Válvula redutora de pressão (VRP)

Na rede de distribuição pode ser instalado *booster* (elevação da pressão) e VRP para atender às pressões no abastecimento estabelecidas pela NBR 12218. Nos casos de diferenças significativas de pressões e/ou vazões em função da variação de consumo, adotar dispositivos de controle com ajuste automático de pressão e/ou vazão.

7 – Estações Elevatórias ou de Recalque

Geralmente faz-se necessária a construção de estações elevatórias, seja para a captação de águas superficiais ou subterrâneas, seja para recalca-las a pontos distantes ou mais elevados, ou para aumento de vazão de linhas adutoras (*booster*).

As estações elevatórias são mais utilizadas nos sistemas de abastecimento de água para:

- Captar a água de superfície ou de poço;

- Recalcar a água a pontos distantes ou elevados;

- Reforçar a capacidade de adução.

A utilização das estações elevatórias dentro do Sistema de Abastecimento de Água tem as seguintes desvantagens:

- Elevam despesas de operação devido aos gastos com energia;

- São vulneráveis a interrupções e falhas no fornecimento de energia;

- Exigem operação e manutenção especializada, aumentando ainda mais os custos com pessoal e equipamentos.

7.1 – COMPONENTES DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

As instalações elevatórias típicas são formadas por:

- **Estação de bombeamento/elevatória:** conjunto de estruturas e equipamentos destinado a promover o recalque do fluido, com a finalidade de efetuar a sua elevação de nível e compensar as perdas de carga na linha.

- **Casa de Bombas**: edificação própria destinada a abrigar os conjuntos motobomba. Deve ter iluminação e ventilação adequadas e ser suficientemente espaçosa para a instalação e movimentação dos conjuntos elevatórios, incluindo espaço para a parte elétrica (quadro se comando, chaves e demais dispositivos de controle).

- **Bomba**: equipamento encarregado de succionar a água retirando-a do reservatório de sucção e pressurizando-a através de seu rotor, que a impulsiona para o reservatório ou ponto de recalque.

- **Motor de acionamento**: equipamento encarregado do acionamento da bomba. O tipo de motor mais utilizado nos sistemas de abastecimento de água é o acionado eletricamente.

- **Barrilete:** conjunto de tubulações, conexões e peças especiais, utilizadas na entrada, na saída e/ou na interligação da unidade operacional.

- **Linha de Sucção:** conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a bomba.

- **Linha de Recalque:** conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até a entrada da bomba.

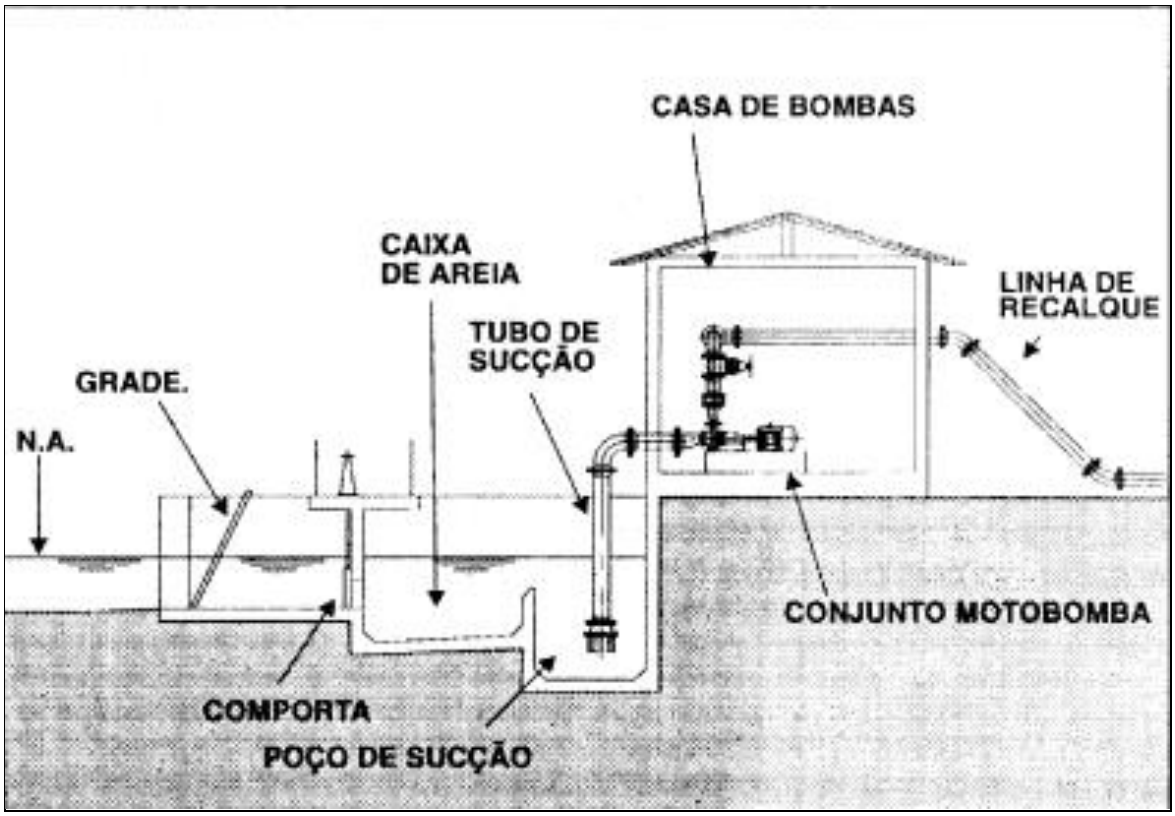
- **Poço de Sucção:** reservatório de onde a água será recalcada. Sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

- **NPSH (*net positive succion head*):** potencial energético disponível no local, que é resultante da pressão atmosférica no local, menos ou mais o desnível geométrico da sucção, pressão de vapor e perda de carga na sucção.

- **NPSH disponível:** pressão absoluta por unidade de peso existente na sucção da bomba (entrada do rotor), **superior à pressão de vapor do fluido bombeado**, cujo valor depende das características do sistema e do fluido.

- **NPSH requerido:** pressão absoluta mínima por unidade de peso, superior à pressão de vapor do fluido bombeado na sucção da bomba (entrada do rotor), **para que não haja cavitação**.

- **unidade operacional:** parte do sistema que tem uma função específica e que pode ser uma unidade linear ou não linear.



Fonte: Sandro Filippo (IME)

7.2 – NBR 12214/2020, de 28/7/2020 – Projeto de Estação de Bombeamento ou de Estação Elevatória de Água - Requisitos

A entrada de água na câmara de sucção deve ser projetada de modo que haja quebra da velocidade por meio físico adequado, não permitindo descarga livre na entrada. Na **câmara de sucção**, a **velocidade de aproximação** para a **tomada d`água não pode ser superior a 0,60 m/s**.

No caso de bomba tipo submersível, ela deve ser instalada com elevação mínima de 20 cm do fundo.

O diâmetro mínimo do barrilete de **sucção** deve ser preferencialmente de **um diâmetro comercial imediatamente superior** à tubulação de **recalque**.

No **barrilete de sucção**, recomenda-se adotar a **velocidade entre 0,6 m/s e 1,5 m/s**, e no **barrilete de recalque, entre 0,6 m/s e 3 m/s**, salvo se tecnicamente justificado.

Para o dimensionamento hidráulica dos barriletes de sucção e recalque, deve ser considerado, para o horizonte do projeto, o coeficiente de Hazen Williams, ou equivalente da equação universal, e também o envelhecimento, incrustação e deposição nas paredes da tubulação. Os coeficientes devem ser levantados em campo ou, na sua impossibilidade, devem ser adotados valores explicitados na teoria dos manuais de hidráulica.

Recomenda-se estudo diferenciado do coeficiente para água bruta e para água tratada.

O **NPSH disponível** deve ser maior que o **NPSH requerido** pela bomba, em no **mínimo 1 m** em todas as condições de operação determinadas pela curva característica do sistema.

Deve ser prevista válvula de bloqueio no barrilete de sucção e de recalque que permita a operação isolada de cada conjunto motor-bomba conforme a necessidade operacional. E sempre que possível, deve-se instalar registro geral na saída do barrilete de recalque para a adutora ou rede de distribuição, para permitir a manutenção no barrilete sem necessidade de esvaziar a tubulação de recalque.

Deve-se prever e verificar a necessidade de instalação de dispositivo que permita a expulsão e/ou a admissão de ar em pontos estratégicos da estação de bombeamento ou elevatória: no ponto de alimentação; na saída do barrilete de recalque; em mudanças de declividade nos barriletes, quando necessário; e em pontos suscetíveis à acumulação de ar.

O dispositivo de expulsão e/ou a admissão de ar deve ser dimensionado considerando a velocidade de esvaziamento e de enchimento das tubulações de sucção, a vazão de recalque e adução, e a vazão de ar, atendendo às seguintes condições:

- na operação da estação de bombeamento ou elevatória, deve ser respeitada a velocidade da água admitida para a fase de enchimento da tubulação de adução da ordem de 0,3 m/s;

- descarregar vazão de ar equivalente ou compatível com a vazão de enchimento de cada trecho do barrilete;

- admitindo vazão de ar equivalente ou compatível com a vazão máxima de água descarregada pela descarga do barrilete.

Na estação de bombeamento ou elevatória com bomba de sucção negativa deve ser instalado dispositivo tipo válvula de pé ou outra solução técnica para manter a escorva da bomba, a fim de viabilizar a operação do equipamento.

Na estação de bombeamento ou elevatória deve(m) ser instalada(s) válvula(s) de retenção para evitar o retorno do fluxo da água, reduzir o efeito dos transitórios hidráulicos e permitir a associação em paralelo à operação isolada de bombas no barrilete de recalque.

8 – QUESTÕES COMENTADAS

Pessoal, todas as questões apresentadas nesta serão comentadas. Nesta aula demonstrativa deixo as questões abaixo comentadas para que vocês saibam como será o nosso curso. As demais questões apresentadas serão comentadas na próxima aula.

1. **(40 - BR Distribuidora/2008 – Cesgranrio)**

A NBR 12.211/1992 (Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água) determina que a população abastecível deve ser constituída, no alcance do plano de abastecimento, pela população residente em, pelo menos,

(A) 80%

(B) 70%

(C) 65%

(D) 35%

(E) 20%

Comentários

De acordo com a NBR 12211, a população abastecível deve ser constituída, no alcance do plano, de:

a) **pelo menos 80% da população residente, quando esse percentual não é fixado pelo contratante**;

b) parcelas das populações flutuante e temporária, cujos abastecimentos apresentem interesse econômico ou social, a juízo do contratante.

Gabarito: A

---

2. (78 – Alepe/2014 – FCC)

As limitações de velocidade nas tubulações estão associadas tanto à segurança e durabilidade, quanto ao custo de implantação e operação. Considerando as demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução de rede, as velocidades mínima e máxima admitidas nas tubulações são, em m/s, respectivamente, iguais a

(A) 0,6 e 4,7.

(B) 0,5 e 2,0.

(C) 0,6 e 3,5.

(D) 0,8 e 3,5.

(E) 0,5 e 4,7.

Comentários

De acordo com a NBR 12218, a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,6 m/s, e a máxima, de 3,5 m/s; estes limites referem-se às demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução da rede.

Contudo, a nova versão da NBR 12218, de 2017, deixou de trazer esses limites especificados, passando a prever que:

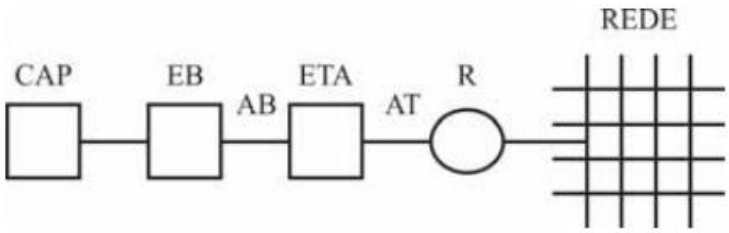
"As velocidades máximas de dimensionamento devem corresponder a uma **perda de carga de até 10 m/km. Devem ser evitadas velocidades mínimas inferiores a 0,40 m/s.** Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificada."

Gabarito Oficial: C

Gabarito Atualizado: Anulação

---

9 – QUESTÕES APRESENTADAS NESSA AULA



(FUB/2015 – Cespe)

A figura apresentada ilustra a configuração de um sistema de abastecimento de água, que pode ser utilizado para o bombeamento da água de mananciais. A respeito desse sistema e das normas para implantação de sistemas de abastecimento de água e considerando que as siglas apresentadas na figura referem-se a captação (CAP); estação de bombeamento (EB); adução de água bruta (AB); unidade de tratamento (ETA); adução de água tratada (AT); reservatório de distribuição (R); e rede de abastecimento (REDE), julgue os itens que se seguem.

1. **87 –**

Para que a rede de abastecimento do sistema em questão atenda adequadamente à demanda, devem ser incluídos no cálculo da população a ser abastecida os estabelecimentos comerciais, públicos e industriais que se situem no interior dessa área e que sejam considerados consumidores especiais.

2. **88 –**

A configuração do sistema apresentado é adequada para os casos em que a adução e a distribuição sejam feitas por gravidade e o manancial se encontre em cota inferior à região de abastecimento.

3. **89 –**

Caso o manancial esteja nos padrões de potabilidade requeridos, a ETA é dispensável, e a desinfecção por cloração pode ser feita no próprio reservatório de distribuição.

4. **(40 - BR Distribuidora/2008 – Cesgranrio)**

A NBR 12.211/1992 (Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água) determina que a população abastecível deve ser constituída, no alcance do plano de abastecimento, pela população residente em, pelo menos,

(A) 80%

(B) 70%

(C) 65%

(D) 35%

(E) 20%

5. (91 - TCE-PR/2016 – Cespe/Cebraspe)

Em um sistema de abastecimento de água, a reservação tem a finalidade de

A) recalcar a água a pontos distantes ou elevados.

B) possibilitar melhor distribuição da água aos consumidores.

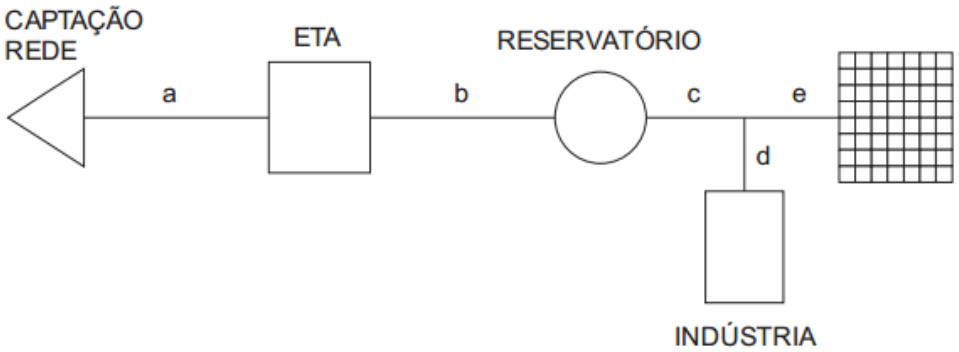
C) retirar a água do manancial abastecedor.

D) alimentar os condutos secundários.

E) fazer circular a água nos condutos principais.

6. (43 – CNMP/2015 – FCC)

Um município terá um sistema de abastecimento conforme esquematizado abaixo:



Considere as seguintes informações para análise do sistema de abastecimento

–consumo médio per capita: 220 L/dia

– coeficiente de variação diária: 1,20

– coeficiente de variação horária: 1,40

– população futura da cidade: 216.000 habitantes

– a vazão destinada à indústria é constante

Uma indústria estará localizada entre o reservatório e o município e terá um consumo diário regularizado de 8 640 m3

. Desta forma, no trecho b, o consumo correspondente à rede estará afetado

(A) pelos coeficientes de variação diária e de variação horária. A vazão destinada à indústria sendo constante não deverá ser adicionada, assim a vazão do trecho b é 924 litros por segundo.

(B) somente pelo coeficiente de variação diária. A vazão destinada à indústria sendo constante não deverá ser adicionada, assim a vazão do trecho b é 660 litros por segundo.

(C) somente pelo coeficiente de variação horária. A vazão destinada à indústria sendo constante deverá ser simplesmente adicionada, assim a vazão do trecho b é 870 litros por segundo.

(D) somente pelo coeficiente de variação diária. A vazão destinada à indústria sendo constante deverá ser simplesmente adicionada, assim a vazão do trecho b é 760 litros por segundo.

(E) somente pelo coeficiente de variação horária. A vazão destinada à indústria sendo constante não deverá ser adicionada, assim a vazão do trecho b é 770 litros por segundo.

7. (94 - ABIN/2010 – Cespe)

Considerando que, em uma agrovila de 50 ha, onde residam mil pessoas, o consumo médio diário de água seja de 100 L por habitante e o coeficiente do dia de maior consumo seja igual 1,5, então a vazão máxima de consumo no projeto de uma rede malhada para atender essa agrovila será de 1,5 L/s.

8. (46 – CNMP/2015 – FCC)

O consumo anual de um município brasileiro na década de 1980 foi de 365 000 000 m3 de água. No dia 1º de janeiro de 1981, foi registrado o maior consumo diário anual de 850 000 m3. A relação entre o consumo diário máximo e o consumo diário médio, no ano de 1981, é

(A) 2,25

(B) 1,85

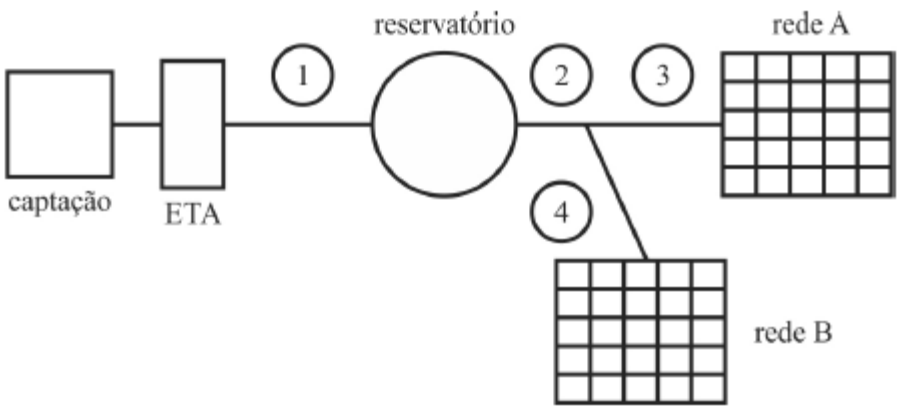
(C) 1,00

(D) 1,25

(E) 0,85

9. (86 – TCM-BA/2018 – Cespe/Cebraspe)

Um sistema de abastecimento está sendo projetado para atender duas redes (A e B). O sistema, representado na figura a seguir, conta com um reservatório para regularização das vazões. A vazão média requerida para o sistema é de 200 L/s, sendo 100 L/s para cada rede. Os coeficientes do dia de maior consumo e hora de maior consumo são, respectivamente, 1,2 e 1,5.



Nessa situação hipotética, as vazões de projeto, em L/s, dos segmentos 1 e 2 são, respectivamente, iguais a

A) 200 e 200.

B) 200 e 240.

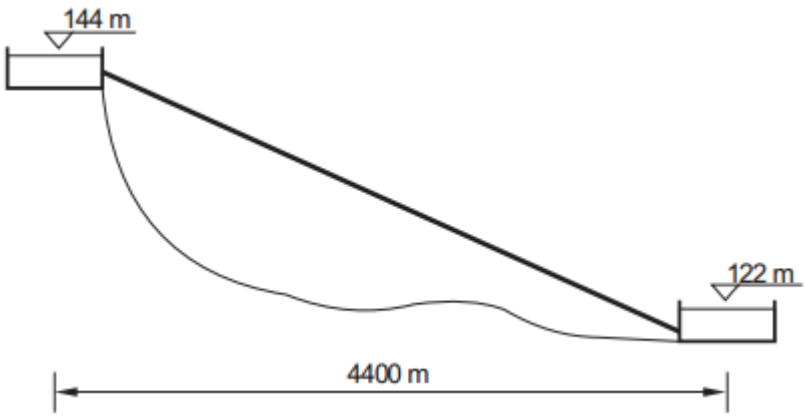
C) 240 e 240.

D) 240 e 360.

E) 360 e 360.

10. (44 – CNMP/2015 – FCC)

Considere uma adutora que interliga dois reservatórios distanciados entre si 4 400 m e que possui vazão média de 200 litros por segundo.



Os níveis médios de água nesses reservatórios correspondem às cotas altimétricas de 144 m e 122 m, respectivamente. Para se obter o menor diâmetro para a adutora,

(A) todo o desnível deverá ser aproveitado para vencer as forças de atrito. Isto significa atribuir máxima perda de carga no escoamento, desta forma, o gradiente hidráulico correspondente à perda de carga unitária é 5 m/km.

(B) o desnível não deverá ser aproveitado para vencer as forças de atrito. Isto significa atribuir máxima perda de carga no escoamento, desta forma, o gradiente hidráulico correspondente à perda de carga unitária é 2 m/km.

(C) todo o desnível deverá ser aproveitado para vencer as forças de atrito. Isto significa atribuir mínima perda de carga no escoamento, desta forma, o gradiente hidráulico correspondente à perda de carga unitária é 200 m/km.

(D) 50% do desnível deverá ser aproveitado para vencer as forças de atrito. Isto significa atribuir mínima perda de carga no escoamento, desta forma, o gradiente hidráulico correspondente à perda de carga unitária é 2,5 m/km.

(E) 50% do desnível deverá ser aproveitado para vencer as forças de atrito. Isto significa atribuir 50% da perda de carga no escoamento, desta forma, o gradiente hidráulico correspondente à perda de carga unitária é 2,5 m/km

11. (152 - CGE-PI/2015 – Cespe)

Os reservatórios de distribuição de água no meio urbano funcionam como volante da distribuição, devendo ter capacidade superior a 1/6 do volume consumido nos horários de pico do dia, mantendo uma reserva de água para combate a incêndios e situações de emergência.

12. (97 - ABIN/2010 – Cespe)

Uma das finalidades dos dispositivos de ventilação dos reservatórios de água é evitar pressões diferenciais perigosas na estrutura do reservatório.

13. (64 – TCE-RS/2014 – FCC)

O reservatório de distribuição de água cuja função é servir de volante de regularização das transições entre bombeamento e/ou adução por gravidade, intercalado no sistema de adução, é, quanto à localização no sistema de distribuição, o reservatório

(A) enterrado.

(B) apoiado.

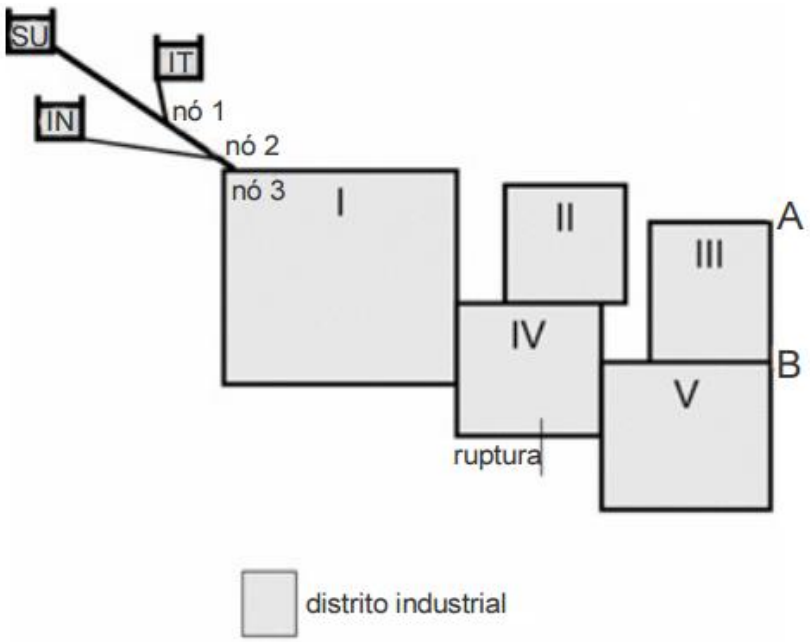
(C) de jusante.

(D) de montante.

(E) de posição intermediária.

14. (95 - ABIN/2010 – Cespe)

Nas redes ramificadas, sistema de distribuição de água frequentemente usado em pequenas comunidades, o sentido da vazão em qualquer trecho da rede é sempre conhecido.



(Perito PF/2012 – Cespe)

Um distrito industrial é abastecido por diversas fontes de água. A condução da água dessas fontes é direcionada a três reservatórios: um superior (SU), um intermediário (IT) e um inferior (IN), que abastecem o distrito industrial por meio de uma rede fechada em anéis, de acordo com o esquema apresentado acima. A respeito do funcionamento hidráulico desse sistema de abastecimento, julgue os itens seguintes.

15.84 –

Se a cota piezométrica do nó 1 for superior ao nível do reservatório intermediário, então o reservatório superior estará abastecendo o reservatório intermediário.

16.85 –

Se ocorrer uma ruptura na canalização do anel IV, na seção indicada, e um curto trecho for isolado para que seja realizado o serviço de manutenção, mesmo durante esse procedimento permanecerá inalterada a garantia de abastecimento do trecho entre A e B do anel III.

17.(78 – Alepe/2014 – FCC)

As limitações de velocidade nas tubulações estão associadas tanto à segurança e durabilidade, quanto ao custo de implantação e operação. Considerando as demandas máximas diárias no início e no final da etapa de execução de rede, as velocidades mínima e máxima admitidas nas tubulações são, em m/s, respectivamente, iguais a

(A) 0,6 e 4,7.

(B) 0,5 e 2,0.

(C) 0,6 e 3,5.

(D) 0,8 e 3,5.

(E) 0,5 e 4,7.

18.(96 - ABIN/2010 – Cespe)

Os principais critérios hidráulicos empregados no projeto de redes de distribuição de água são pressão, velocidade, diâmetro e condutividade hidráulica do terreno onde se instalará a rede.

19.(93 - ABIN/2010 – Cespe)

Em um sistema de recalque, a queda de rendimento da bomba, os ruídos e as vibrações podem ser indicativos da ocorrência de cavitação.

(TCU/2011 – Cespe)

Considerando um sistema de captação em um manancial superficial, com cota do nível d'água constante e igual a Z1, e recalque a um reservatório, com cota do nível d'água constante e igual a Z2, em que Z2> Z1, por meio de uma bomba não afogada instalada a uma diferença de cota X do nível do manancial, julgue os itens que se seguem.

20.171 –

Na prática, o diâmetro da tubulação de sucção é inferior ao de recalque. Isso se justifica pela redução da carga de pressão, com consequente redução das perdas de cargas na tubulação de recalque.

21.173 –

O eixo da bomba deverá ser assentado na cota igual a Z2 – X.

22.174 –

Nesse sistema, a perda de carga na tubulação de recalque é superior à altura manométrica total.

(TCE-SC/2016)

O projeto da rede de distribuição de um sistema público de abastecimento de água potável apresenta os dados a seguir:

- cota altimétrica do nível mínimo do reservatório de distribuição: 502,350 m;

- cota altimétrica do nó 13 da rede: 477,150 m;

- cota altimétrica do nó 49 da rede: 454,050 m.

Considerando essas informações, julgue os seguintes itens.

23.93 –

Se a soma das perdas de carga das tubulações do reservatório até o nó 49 for igual a 8,39 mca, a pressão dinâmica nesse nó será de 39,91 mca.

24.94 –

As pressões estáticas, nos nós 13 e 49, são de 25,20 mca e 48,30 mca, respectivamente.

25.95 –

Na determinação do índice de perdas dos sistemas públicos de abastecimento de água, não se considera o desperdício de água nas instalações domiciliares.

26.96 –

O coeficiente da hora de maior consumo (K2) deve ser aplicado para que se determinem as vazões de dimensionamento das unidades de um sistema público de abastecimento de água, desde a captação até a rede de distribuição.

27.(13 – TRT-8/2016 – Cespe/Cebraspe)

Acerca do abastecimento, da reservação e da distribuição de águas, assinale a opção correta.

A) O método de Hardy Cross é utilizado no dimensionamento dos condutos principais e secundários em rede malhada ou ramificada, nos quais se estabelecem os pontos de demandas concentradas de suas áreas circundantes.

B) Para a implementação de um sistema público de abastecimento de água, são suficientes os seguintes componentes: captação, estações elevatórias, adução, tratamento, reservação e rede de distribuição.

C) A capacidade total dos reservatórios simultaneamente elevados e enterrados para abastecimento público de água deverá corresponder a um quinto do volume distribuído em vinte e quatro horas, para que seja garantida uma reserva máxima em cota elevada.

D) As dimensões mais econômicas de torres cilíndricas elevadas para armazenar água correspondem à altura igual à metade do seu diâmetro.

E) Em sistemas urbanos de distribuição de água que não dispõem de válvulas de alívio para o controle da pressão estática, as áreas com carga de pressão estática superior a 50 m.c.a. podem corresponder a até 5% da zona de pressão, desde que, em nenhum ponto, se ultrapasse a pressão estática de 60 m.c.a.

28. (82 – TCM-BA/2018 – Cespe/Cebraspe)

Em adutoras, os elementos acessórios colocados em pontos elevados das tubulações e responsáveis pela expulsão de ar durante o enchimento da linha ou do ar que normalmente se acumula nesses pontos são

A) as válvulas de descarga.

B) as ventosas.

C) as válvulas redutoras de pressão.

D) os registros de parada.

E) as válvulas de retenção.

29. (91 – TCE-PE/2017 – Cespe/Cebraspe)

O consumo de água é uma função de uma série de fatores inerentes à região abastecida influenciada por fatores como clima, padrões de renda, hábitos da população, custo da água, pressão na rede de distribuição e perdas no sistema, que podem ser físicas ou administrativas. No tocante às perdas físicas, as ações principais de controle dessas perdas incluem a setorização da rede e a redução de pressão na rede.

30. (92 - TCE-PR/2016 – Cespe/Cebraspe)

As redes duplas de distribuição de água são constituídas de uma rede para água potável e outra para água sem tratamento.

A classificação desse tipo de rede tem como critério o(a)

A) alimentação dos reservatórios.

B) água distribuída.

C) número de condutos distribuidores em uma mesma rua.

D) traçado.

E) número de zonas de pressão.

10 – GABARITO

1) Correta	**9) D**	**17) C***	**25) Correta**
2) Correta	**10) A**	**18) Errada**	**26) Errada**
3) Correta	**11) Errada**	**19) Correta**	**27) D**
4) A	**12) Correta**	**20) Errada**	**28) B**
5) B	**13) E**	**21) Errada**	**29) Correta**
6) D	**14) Errada**	**22) Errada**	**30) B**
7) Errada	**15) Correta**	**23) Correta**	**31) Correta**
8) E	**16) Errada**	**24) Anulada**	

(*) – Gabarito atualizado: anulação

11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo Netto, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica.** São Paulo: Edgard Bucher, 1998.

- Filippo, Sandro. **Saneamento Básico I**. Apostila do Curso de Fortificação e Construção do Instituto Militar de Engenharia: IME. 2005.

ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE:
PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.

1. 

Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.

2. 

Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).

3. 

Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).

4. 

Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).

5. 

Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).

6. 

Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).

7. 

Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.

8. 

O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.