



ÁGUA

Tratamento e Abastecimento Público

Toda e qualquer água que atualmente consumimos necessariamente passou por um processo de tratamento que envolve a aplicação de conhecimentos obtidos ao longo dos séculos. Esta história de desenvolvimento científico e tecnológico empenhados para o tratamento da água confunde-se com a história da sobrevivência humana pois, sabemos hoje, a água é também potencial veículo de inúmeras doenças. Vejamos a princípio um breve resumo desse desenvolvimento de conhecimentos para esta aplicação até chegarmos aos sistemas de tratamento e abastecimentos atuais, seus marcos regulatórios e modelos de negócio do setor, bem como a fundamental participação dos profissionais da química em todo este processo.

Na antiguidade o objetivo não era eliminar microrganismos, ainda desconhecidos, mas melhorar o que hoje entendemos como a estética da água: aparência, cheiro e gosto. Relatos em sânscrito e grego apontam o entendimento de “águas impuras” por volta de 4000 a.C. com registros que recomendavam ferver a água e colocá-la exposta ao Sol. Já era um preliminar desenvolvimento de método de tratamento. Por volta 1500 a.C. gravuras egípcias indicavam o uso de artefatos para separação de sólidos presentes, era a filtração. Porém, foi apenas por volta de 300 a.C. que surgiram os primeiros sistemas públicos de abastecimento de água, pela engenharia romana. E os primeiros tanques de sedimentação em grande escala, para água de abastecimento público, surgiram em Roma, Grécia, Cartago e Egito entre 100 d.C. e 300 d.C.

Com a queda do Império Romano do Ocidente, durante a Idade Média grande parte do conhecimento de engenharia hidráulica se perdeu na Europa, resultando em um evidente retrocesso sanitário. O desenvolvimento de sistemas de tratamento de água tornou-se quase inexistente, e a prática de descartar dejetos nos mesmos rios que eram utilizados para abastecimento gerou epidemias diversas: disenteria, febre tifoide, cólera. Pode-se destacar como marco divisor, já na Idade Moderna, o desenvolvimento do microscópio pelos holandeses Hans Janssen e Zacharias Jansen, pai e filho respectivamente, por volta de 1590 e, em maior contribuição, por Antonie van Leeuwenhoek, também holandês, com um aparato capaz de observar e descrever microrganismos em 1674, cujas bases possibilitaram demonstrar posteriormente que a água seria um veiculador de doenças, pelo inglês John Snow, em 1854. O marco decisivo da real consolidação da necessidade de uso de sistemas de tratamento da água coletiva se deu com a epidemia de cólera que atingiu a cidade de Hamburgo, em 1892, que utilizava o mesmo manancial da cidade vizinha que, por utilizar um sistema de tratamento mais eficiente com uso de filtros lentos, escapou da epidemia. Mas o desenvolvimento de uma operação específica para desinfecção da água só se deu a partir de 1908, com as primeiras aplicações regulares de cloro como agente oxidante no tratamento de água das cidades de Chicago e Jersey City, EUA, com este sistema de tratamento sendo o que se denominou por “tratamento convencional de água de abastecimento”, composto por operações de captação e adução da água bruta, tratamento composto por coagulação, floculação, sedimentação, filtração rápida e desinfecção, seguindo com a adução da água tratada para reservatórios e posterior distribuição. Chama-se então o período posterior a este de era da química aplicada ao saneamento.

No Brasil colonial o abastecimento de água foi um dos maiores desafios urbanos, e duas obras públicas emblemáticas ilustram bem esse esforço: os Arcos da Lapa, no Rio de Janeiro, e a Fonte Nova, em Salvador. Ambas nasceram da necessidade básica de levar água potável às populações em crescimento e marcaram profundamente a organização das cidades.

No Rio de Janeiro, os atuais Arcos da Lapa, oficialmente Aqueduto da Carioca, inspirado nos aquedutos romanos, foram construídos entre 1723 e 1750 com o objetivo de resolver o problema crônico da falta de água no centro da cidade. A principal fonte de abastecimento era o Rio Carioca, que nascia no Morro do Desterro (atualmente o charmoso bairro Santa Teresa). Sua função era transportar a água por gravidade até o Largo da Carioca, onde chafarizes públicos distribuíam o recurso à população. Tratava-se, portanto, de um sistema de captação e distribuição de água bruta, sem qualquer tratamento.

Em Salvador, primeira capital do Brasil, o abastecimento de água ocorria de maneira descentralizada, por uso de fontes diversas de minadouros naturais no Dique do Tororó, e larga utilização de pessoas escravizadas que faziam a função de aguadeiros (transportavam água em barris). Com o objetivo de centralizar a coleta de água em uma fonte mais confiável, foi construída a então chamada Fonte Nova em 1913. Localizada em uma área estratégica da cidade, a fonte captava água de nascentes naturais. Ao longo do tempo a Fonte Nova passou por reformas e adaptações, acompanhando o crescimento da cidade e a implantação gradual de sistemas mais modernos de abastecimento. Ambos os casos, Arcos da Lapa e Fonte Nova, refletem a demanda e investimentos públicos iniciais para oferta de água à população.

Já em Aracaju, capital sergipana, a história do abastecimento de água está diretamente ligada ao próprio nascimento da cidade, planejada e fundada em 1855 para ser a nova capital do Estado. Diferentemente de outras cidades coloniais brasileiras, Aracaju surgiu já com a preocupação de organizar o espaço urbano e atender as necessidades básicas da população, entre elas o acesso à água. Nos primeiros anos, o abastecimento era bastante limitado e dependia de fontes naturais, poços rasos e da captação direta em rios e lagoas da região, especialmente o rio Sergipe e áreas alagadiças próximas. A população utilizava cacimbas, bicas e chafarizes públicos, e a distribuição era feita manualmente, muitas vezes também por aguadeiros. A modernização do sistema de abastecimento ganhou impulso com a criação do sistema de captação e distribuição de água encanada a partir do reservatório de Tramadaí, em 1909, e ao longo do século XX, acompanhando o processo de urbanização e expansão da cidade, a captação passou a utilizar mananciais mais distantes e confiáveis, como o rio Poxim, que se tornaria fundamental para o abastecimento da capital e de municípios vizinhos. Foi a partir deste rio que surgiu a primeira estação de tratamento do Estado, a ETA Poxim, em 1971, fruto da criação da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), em 1969, empresa de economia mista que na prática o Estado era o controlador, que passou a ser responsável pelos serviços de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário em todo território sergipano.

Não obstante a importância dos tratamentos de água primordiais, destaque-se que as tecnologias atuais diferem profundamente das até então apresentadas no histórico traçado, embora caiba com igual peso destacar que o que chamamos de “tratamento convencional de água de abastecimento” mantém-se com as mesmas operações, porém aprimoradas pelos conhecimentos científicos e tecnologias evoluídos. Ademais, atualmente podemos dividir o sistema de tratamento convencional em três tipos fundamentais: ETA convencional de ciclo

completo, ETA convencional do tipo filtração em linha e ETA convencional do tipo filtração direta, quando nos referimos ao tratamento de água para abastecimento público.

Para projetar uma ETA voltada ao abastecimento público, parte-se da premissa de que há uma definição legal do que se entende por água potável. No Brasil, a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, “estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, bem como os padrões de potabilidade”. O sistema de tratamento deve garantir que a água fornecida atenda aos parâmetros definidos na portaria, assegurando qualidade estética, microbiológica e química, além do controle dos subprodutos formados durante a desinfecção. É igualmente fundamental conhecer previamente o manancial a ser utilizado, pois a maioria das ETAs opera com o sistema de tratamento convencional. Caso a água bruta apresente níveis elevados de compostos orgânicos ou inorgânicos sintéticos, será necessário recorrer a tratamentos avançados, que geralmente elevam custos e podem inviabilizar a fonte. Por isso, a proteção constante do manancial é essencial.

Na ETA convencional de ciclo completo, a água é captada no manancial e conduzida até a estação. Ainda na captação, é realizado o gradeamento, que retém materiais maiores como galhos, folhas, peixes e resíduos diversos resultantes da ação humana. Com essa proteção inicial, a água bruta chega à ETA, onde amostras são coletadas para monitoramento constante da qualidade. As análises realizadas diariamente incluem pH, turbidez e cor aparente, enquanto outros parâmetros, como alcalinidade, condutividade, oxigênio dissolvido, ferro e manganês, são avaliados com frequência semanal. Além disso, parâmetros microbiológicos, metais pesados e agrotóxicos são monitorados conforme o plano de monitoramento específico de cada ETA. Com o conhecimento detalhado da água bruta, o processo de tratamento convencional pode ser ajustado.

Para promover a separação de sólidos em suspensão e partículas coloidais, a etapa de coagulação é necessária. Nela, adicionam-se coagulantes à água bruta com o objetivo de neutralizar cargas dos particulados, geralmente sais de alumínio, como sulfato de alumínio ou policloreto de alumínio (PAC), ou sais de ferro, como sulfato férrico e cloreto férrico, sendo que polímeros auxiliares podem ser usados para otimizar a coagulação e a filtração subsequente. Ainda na entrada da água bruta na ETA, é comum realizar a correção do pH para viabilizar a coagulação, utilizando cal virgem, cal hidratada, soda cáustica ou carbonato de sódio, sendo a cal virgem a mais empregada. Em algumas situações, também são adicionados agentes pré-oxidantes, geralmente cloro, para oxidar e favorecer a precipitação de ferro e manganês solúveis. Com essas adições, a água bruta é encaminhada para a zona de mistura rápida, onde

ocorre a coagulação e, em seguida, para os floculadores, onde ocorre a mistura lenta para que os flocos sedimentáveis se formem.

Após a floculação a água segue para os tanques decantadores, onde os flocos sedimentam, separando a fase sólida da água e gerando o lodo ao fundo dos decantadores. A limpeza da água é então completada pela filtração, realizada em filtros geralmente de areia e antracito, onde partículas finas e alguns microrganismos remanescentes são removidos. Em algumas ETAs carvão ativado ou polímeros podem ser usados para otimizar o processo de filtração. Ao final dessa etapa, a água apresenta turbidez mínima e está livre de partículas em suspensão, com turbidez e cor adequados, pronta para as etapas finais de desinfecção, fluoretação e, se necessário, ajustes de pH a adição de anticorrosivos, antes da distribuição à população.

Cabe aqui destacar a importância central da operação de desinfecção, pois é nesta que se garante uma água saudável, livre de organismos patogênicos. Para tanto, agentes oxidantes, geralmente liberadores de cloro ativo, são utilizados. O cloro em água forma o ácido hipocloroso e íons hipocloritos que oxidam estruturas vitais dos microrganismos. Além da desinfecção dentro da ETA, um residual do agente oxidante segue com a água até o ponto de consumo prevenindo eventuais contaminações neste percurso.

Em relação à opção ao tipo de ETA, em situações específicas pode ser conveniente utilizar processos de filtração em linha ou filtração direta, em detrimento do ciclo completo. A filtração em linha consiste na passagem da água floculada diretamente pelos filtros, eliminando a etapa de decantação; é indicada quando a água bruta apresenta turbidez baixa a moderada e de composição relativamente constante, permitindo que a sedimentação natural seja dispensada sem comprometer a eficiência da remoção de particulados. Já a filtração direta ocorre quando a água bruta apresenta turbidez muito baixa e particulados facilmente removíveis, permitindo que a água siga diretamente para os filtros após a coagulação e floculação, sem necessidade de decantação. Esses processos simplificados reduzem custos de construção e operação, sendo especialmente vantajosos em pequenos sistemas de abastecimento ou quando os mananciais apresentam excelente qualidade e confiabilidade de regularidade, mas exigem monitoramento rigoroso da água bruta para garantir a eficiência da filtração e a segurança do abastecimento. Destaque-se aqui que mananciais sofrem alterações ao longo dos anos e, portanto, por se tratar de questão de saúde pública, as opções mais conservadoras são preferenciais.

Por fim, cabe destacar a importância fundamental dos profissionais da área da química desde o dimensionamento de uma ETA, com os engenheiros químicos, até a operação

e análises com os químicos industriais, bacharéis em química e técnicos em química, não obstante todos os demais profissionais da área. A correta interpretação da qualidade da água bruta, definição e ajuste das dosagens de produtos químicos, controle rigoroso das reações envolvidas nas etapas de coagulação, floculação, sedimentação, desinfecção, fluoretação e condicionamento final da água, bem como o monitoramento contínuo dos parâmetros que garantam o atendimento aos padrões de potabilidade, são todos de responsabilidade dos profissionais da química devidamente habilitados e com registro ativo e responsabilidade técnica estabelecida. O conhecimento químico aplicado permite responder de forma rápida e segura às variações do manancial, otimizar processos, reduzir custos operacionais e minimizar riscos à saúde pública, sendo esses profissionais peças-chave para assegurar que a água distribuída à população seja potável e estável até o momento do consumo.

Em relação aos marcos regulatórios dos serviços de abastecimento de água e saneamento, dizemos que fazem parte das políticas públicas de infraestrutura essenciais à saúde, ao bem-estar e ao desenvolvimento socioeconômico. Historicamente, no Brasil, esses serviços foram majoritariamente executados por empresas estatais ou públicas de economia mista sob a lógica da universalização com subsídio e controle social. As diretrizes gerais para o saneamento básico estavam previstas na Lei nº 11.445/2007, que até então estabelecia “as diretrizes nacionais para o saneamento básico”, criava “o Comitê Interministerial de Saneamento Básico”, alterava “as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995” e revogava “a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978”.

Em 15 de julho de 2020 foi aprovada a Lei nº 14.026/2020, que, dentre outros objetivos, atualizava “o marco legal do saneamento básico” e alterava “a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento”.

Conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento Básico, a Lei nº 14.026/2020 definiu metas ambiciosas: alcançar 99 % de cobertura no fornecimento de água tratada e 90 % na coleta e tratamento de esgotos até 2033, por meio de contratos de concessão, licitações e regionalização dos serviços. Foi entendida como abertura à iniciativa privada, pois a lógica do novo marco consistia em fortalecer a segurança jurídica para investidores, estimular a concorrência entre operadores públicos e privados e reduzir a prática de contratos de programa sem licitação, que supostamente limitavam a transparência e a eficiência. A nova legislação também previa mecanismos para garantir que empresas privadas atuantes no setor cumprissem metas de cobertura e qualidade, integrando planejamento, regulação e fiscalização sob a égide

da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e das agências reguladoras estaduais e municipais.

No contexto internacional, para tentar traçar um comparativo, os modelos de prestação de serviços de água e saneamento variam bastante. Países europeus como França historicamente mantiveram forte participação de autoridades locais e contratos de concessão por meio de parcerias público-privadas, com regulação e fiscalização locais robustas. Já o Reino Unido passou por um processo de privatização abrangente ao final da década de 1980, transferindo para empresas privadas a operação de serviços que antes eram públicos, com um sistema regulatório centralizado para monitorar qualidade, tarifas e investimentos. Lá, no Reino Unido, vivenciam-se atualmente debates políticos e propostas sobre a possível reestatização, especialmente em casos de empresas com grande dívida ou serviço insatisfatório, e até planos contingenciais de nacionalização temporária de empresas específicas se elas chegarem à beira do colapso.

As experiências internacionais mostram que a simples transferência de ativos públicos para o setor privado não garante automaticamente melhorias nos serviços, sendo indispensáveis regras claras de regulação, metas de desempenho, mecanismos de proteção aos consumidores e incentivos à universalização. Em muitos casos, países que privatizaram serviços de água e esgoto enfrentaram desafios relacionados a tarifas mais altas, insatisfação com a qualidade dos serviços e, em alguns municípios, reestatizações posteriores em função de resultados abaixo do esperado, a exemplo de Paris, Berlim e Buenos Aires. Em pelo menos 36 países, mais de 300 cidades reverteram processos de privatização após constatarem piora nos serviços ou aumento de preços, optando por retomar a gestão pública.

No Brasil a abertura para a participação da iniciativa privada gerou debates intensos. De um lado, argumentava-se que a entrada de capitais privados e a competição poderiam ampliar investimentos, melhorar eficiência operacional e contribuir para atingir as metas de universalização até 2033. Por outro lado, críticos alertavam que mecanismos de privatização poderiam favorecer apenas as áreas mais rentáveis, deixando regiões rurais ou de menor rentabilidade econômica com cobertura insuficiente e tarifas potencialmente mais altas, enquanto recursos públicos poderiam ser usados para subsídios indiretos à privatização.

A viabilidade da privatização dos serviços de saneamento, portanto, depende de vários fatores: a robustez das estruturas regulatórias para garantir qualidade e tarifas justas; a concepção de modelos de concessão que não fragmentem a prestação; mecanismos de controle social e transparência; e a capacidade de combinar eficiência econômico-operacional com

justiça social na universalização do acesso. As experiências de outros países mostram que a privatização pode trazer benefícios em termos de capital e eficiência, mas somente se acompanhada de um arcabouço regulatório forte e de metas claras de serviços universais, além de garantias de que investidores cumprirão compromissos de longo prazo com cobertura e qualidade.

Prof. Anderson Dantas de Souza

É Engenheiro Químico, Docente de Indústria Química e Petroquímica do Instituto Federal de Sergipe e Conselheiro do CRQ VIII Região/SE