



## **TRATAMENTO CONVENCIONAL DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO HUMANO: UMA ABORDAGEM TEÓRICA DOS PROCESSOS ENVOLVIDOS E DOS INDICADORES DE REFERÊNCIA**

**Amanda Alcaide Francisco<sup>(1)</sup>**

Acadêmica de Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina

**Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann**

Acadêmico de Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina

**Marco Antônio Ferreira**

Doutorando pela Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo – Campus Ribeirão Preto

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Marfim, 44, Jardim Pinheiro, Iporã/PR, CEP 86.200-000. Fone: (43) 3258-5134. e-mail: [amandaalcaide\\_f@yahoo.com.br](mailto:amandaalcaide_f@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

O processo de tratamento de água é requerido para muitas atividades econômicas, como também, para tarefas do cotidiano, assim, a água que será consumida deve passar pelo processo de tratamento. Tal procedimento requer diversas etapas, que devidamente assistidas, garantem a qualidade da água. O tratamento de água pode tornar-se mais complexo e de elevado custo devido às impurezas advindas dos mananciais de coleta de água, como despejo de resíduos com alto teor de matéria orgânica. Para evidenciar a importância do estudo do tratamento de água, bem como, a estação de tratamento de água, realizou-se uma busca bibliográfica das etapas envolvidas no tratamento de água e as impurezas presentes na mesma. Logo, constatou-se que para obtenção da qualidade muitos indicadores de referência são necessários, como por exemplo, pH, cor e turbidez

**PALAVRAS-CHAVE:** Estação de Tratamento de Água, Indicadores de Referência, Mananciais de Abastecimento.

### **INTRODUÇÃO**

A água se faz necessária para o desenvolvimento econômico, social e político de um país. Entretanto, parte da população não se preocupa com o manejo correto de resíduos, ou o uso em excesso da mesma, desperdiçando, assim, este recurso. Devido ao ciclo hidrológico, a água é renovável, porém, ao ser demasiadamente contaminada em seus mananciais, esta passa por um processo de potabilidade, que muitas vezes pode requerer um alto investimento.

As políticas governamentais dos últimos anos têm incrementado a cobertura dos serviços de água potável, mas o impacto dessas medidas continuará limitado enquanto o sistema de tratamento de água não for escolhido, como também, não existir o interesse de sua construção para melhorar a vida de toda a população. É evidente que a qualidade da água é a preocupação da grande maioria, no entanto, aproximadamente 12 milhões de brasileiros estão sem serviço de abastecimento de água (IBGE, 2008).

Logo, para promover o abastecimento de água, faz-se necessária a potabilização das águas naturais. Este processo consiste na adequação da água bruta aos padrões de potabilidade vigentes estabelecidos pela Portaria nº 518 de 25 de Março de 2004. De modo geral, o tratamento de água ocorre pela remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana presentes nas águas. (BOTERO, 2009).

O processo convencional de água emprega a sedimentação com uso de coagulantes e é compreendido pelas seguintes operações unitárias: Coagulação, Floculação, Decantação, e Filtração para a Clarificação da água, seguida da Correção do pH, Desinfecção e Fluoretação (BOTERO, 2009).

Para realizar o tratamento completo da água, a mesma deve passar por diversos procedimentos nos quais eventuais falhas podem ocorrer, resultando em custos operacionais. Assim, o tratamento de água é dividido nas seguintes etapas: Antes do tratamento: comprometimento dos mananciais, necessidade de busca de mananciais mais distantes exigindo maior consumo de energia, infra-estrutura para adução, bombeamento, entre outros; Durante o tratamento: consumo de produtos químicos, controle operacional, perda de água, consumo de energia elétrica e geração de resíduos; Após o tratamento: qualidade da água tratada, análise de resíduos gerados e seu destino final. O controle de qualidade em cada etapa possibilita à estação de tratamento de água (ETA) atender à critérios de qualidade e legislações pertinentes. (ACHON, 2008).

O presente estudo tem por finalidade promover uma revisão bibliográfica acerca das operações unitárias que compõe o tratamento convencional de água para abastecimento humano, com o intuito de determinar os principais indicadores de referência para a qualidade do tratamento. A abordagem da temática justifica-se haja vista que o devido controle rigoroso do tratamento realizado nas ETA's é indispensável para o fornecimento de água dentro dos padrões de polabilidade estabelecidos pela legislação.

## METODOLOGIA

O estudo baseou-se na Revisão de Literatura dos processos envolvidos no tratamento de água para abastecimento humano realizado em ETA's. Como resultados foram determinados indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência de cada uma das etapas do tratamento, apresentados na Tabela 1.

Este artigo é a etapa inicial de um estudo mais abrangente voltado para a Gestão Ambiental de Estações de Tratamento de Água (ETA) por meio da aplicação da Metodologia Seis Sigma e do Controle Estatístico de Processos (CEP).

Entende-se por tratamento convencional o conjunto dos processos sequenciais de Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração, Desinfecção, Fluoretação e Correção da acidez. A Figura 1 ilustra as instalações de uma ETA do tipo convencional administrada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

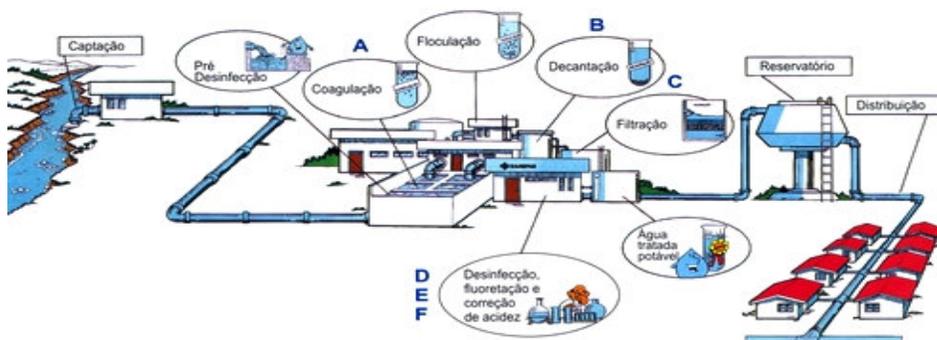


Figura 1: Estação de Tratamento de Água (ETA) do tipo convencional.

**Caracterização das impurezas e partículas.** Segundo VON SPERLING (1996), de modo simplificado, as impurezas encontradas na águas podem ser subdivididas em três grupos básicos segundo suas características básicas: Químicas, Físicas e Biológicas. De acordo com PAVANELI (1996) as principais impurezas encontradas nas águas superficiais são: sólidos dissolvidos em forma ionizada, gases dissolvidos, compostos orgânicos dissolvidos e

materia em suspensão, tais como, microorganismos (bactérias, algas e fungos) e colóides. Grande parte destas impurezas apresenta suspensão estável por longos períodos de tempo.

A Figura 2 ilustra a distribuição das impurezas presentes nas águas quanto às suas características.

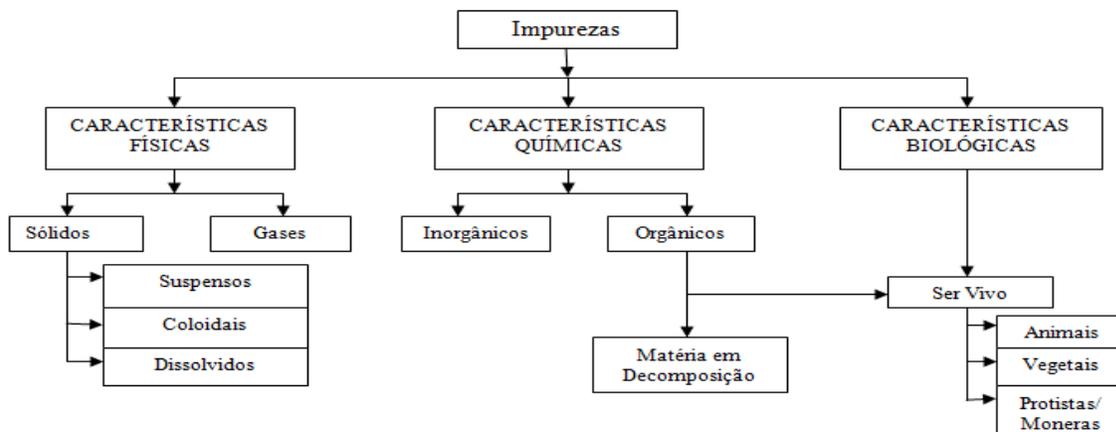


Figura 2: Distribuição e características das impurezas presentes nas águas (VON SPERLING, 1996).

As impurezas podem ser caracterizadas quanto ao tamanho em: Dissolvidas, Coloidais e Suspensas. A Figura 3 ilustra a caracterização das partículas quanto ao tamanho.

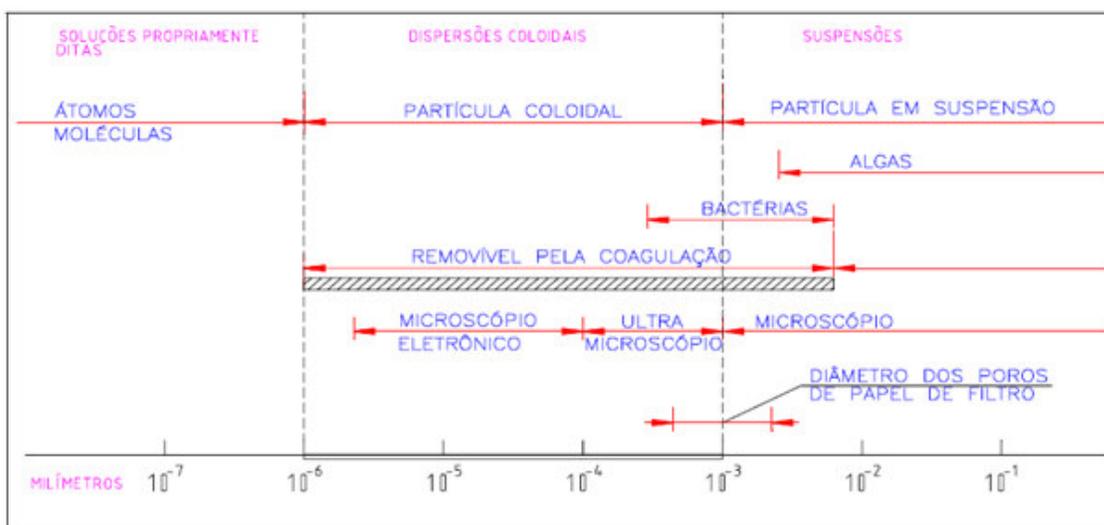


Figura 3: Caracterização das impurezas quanto ao tamanho (CEPIS 1973, apud PAVANELI, 2001)

Durante a ocorrência de eventos chuvosos nos centros urbanos o escoamento superficial das águas pluviais conduz os poluentes depositados sobre as ruas, telhados e calçadas para os corpos d'água. Segundo PORTO (1995), dentre os principais contaminantes presentes, destacam-se: resíduos sólidos, sedimentos e materiais flutuantes, substâncias com elevadas DBO e DQO, patógenos, derivados de petróleo, metais pesados e substâncias orgânicas sintéticas (pesticidas e herbicidas).

Pode-se verificar que no município de Londrina, a contaminação dos mananciais pode ocorrer pelos seguintes fatores (LONDRINA, 2009):

**Urbanos:**

- Poluição difusa ou micropoluição - conduzida das ruas até os cursos hídricos urbanos pela rede de drenagem, impactando diretamente todos os rios, córregos e ribeirões, durante todas as chuvas;
- Inexistência de rede de coleta e tratamento em áreas de baixa renda. Nestes locais, o uso de fossas negras concorre com o escoamento superficial de esgoto a céu aberto, com descarga direta sob o solo e no curso hídrico;

- Em áreas com coleta e tratamento – pode haver contaminação pelo extravasamento e transbordamento da rede de esgoto com a entrada de água da chuva no sistema. Trata-se da chamada poluição não-pontual – que neste caso ocorre apenas durante as chuvas;
- Em áreas com e sem coleta e tratamento de esgoto, nas quais moradias com esgoto conectado irregularmente na rede de escoamento pluvial para águas de chuva contribuem para que dejetos domésticos cheguem diretamente aos cursos d’água;
- Poluição pontual, por meio do despejo de resíduos industriais tratados ou não nos corpos hídricos e sobre áreas de recarga do lençol freático. São facilmente determináveis.

#### **Rurais:**

- Despejo de resíduos industriais nos corpos hídricos e sobre áreas de recarga;
- Uso de pesticidas e fertilizantes na agricultura, carregados para a calha do curso hídrico durante a “lavagem” de solos expostos pela chuva – ocorrência muito comum no Rio Tibagi;
- Lavagem de chiqueiros, pequenos curtumes, estábulos, galpões de animais, piscinas de criação de peixes, e pesque-pague, instalados em área de preservação permanente ou na área de drenagem de corpos hídricos usados como abastecimento;
- Poluição de fontes pontuais, por meio do despejo de resíduos industriais tratados ou não nos corpos hídricos e sobre áreas de recarga do lençol freático;
- Uso de fossas convencionais e fossas negras sem controle, com infiltração direta no solo.

**Tratamento Convencional: Sedimentação com uso de coagulantes.** Perante a incapacidade de remoção satisfatória das impurezas presentes nas águas destinadas ao abastecimento humano pela sedimentação simples, o tratamento convencional em ETA’s utiliza substâncias coagulantes, que reagem com a alcalinidade do meio, seja ela natural ou adicionada, formando polímeros com valor de carga superficial positiva (hidróxidos). Estes atraem as cargas negativas dos colóides em suspensão formando partículas de maior tamanho, denominadas flocos e que apresentam velocidade de sedimentação superior (MACEDO, 2007).

No tratamento convencional de água, após a coagulação ocorrem os processos de floculação e decantação. Como estas três etapas são desenvolvidas em série, o desempenho insatisfatório de uma das etapas compromete a qualidade do funcionamento das demais, comprometendo a produção de água que atenda aos padrões de potabilidade. Como exemplo, podemos considerar que se a velocidade de sedimentação dos flocos é baixa, o processo de decantação é comprometido e torna-se ineficiente, sobrecarregando a etapa de filtração (HELLER & PÁDUA, 2006).

**Clarificação.** O processo de clarificação de água consiste na manutenção de condições físico-químicas tais, que sólidos suspensos na água são removidos por uma sedimentação, sendo necessário trabalhar em conjunto com as cargas das partículas para se obter um resultado da sedimentação satisfatório. Para clarificar a água é necessário neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão e promover a aglutinação das partículas para aumentar o tamanho (MACEDO, 2007).

Neste processo, que é compreendido pelas operações unitárias de coagulação, floculação, decantação e filtração, os parâmetros turbidez e cor da água são reduzidos através da remoção de partículas em suspensão, coloidais e dissolvidas com a finalidade de atender os padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 518 de Março de 2004 (HELLER & PÁDUA, 2006; MACEDO, 2007).

Nos corpos hídricos, em geral, a turbidez, que é definido como o grau de redução da passagem da luz, é provocada pelo carregamento de partículas de areia e argila dentro do manancial através do escoamento da água pela superfície do solo. Em decorrência do seu tamanho, a areia é facilmente sedimentável, ao contrário da argila (MACEDO, 2007).

**Coagulação.** O processo de coagulação consiste nas reações das impurezas presentes na água com os compostos hidrolisados formados pela adição de agentes coagulantes. Ela corresponde a uma etapa indispensável à remoção satisfatória das partículas suspensas, coloidais, dissolvidas e outros contaminantes, responsáveis pela turbidez, cor, odor e sabor nas águas para abastecimento (DI BERNARDO E COSTA, 1993 apud MACEDO, 2007) e (HELLER;PADUA, 2006).

Na realidade, MACEDO (2007) avalia que a coagulação é uma das etapas mais importantes que compõe as ETA’s, haja vista a necessidade de desestabilização química das partículas contidas nas águas brutas, para a posterior aglutinação e sedimentação nas unidades de floculação e coagulação, respectivamente.

Segundo HELLER & PÁDUA (2006), inúmeros são os fatores que influenciam na eficiência do processo de coagulação. Dentre eles, destacam-se: a) Dosagem do agente coagulante; b) Tempo e gradiente de velocidade de mistura rápida; c) Auxiliares de coagulação; d) pH do meio e e) Dispersão do agente na mistura rápida.

O pH e a dosagem do agente coagulante estão estreitamente ligados, já que cada produto químico empregado com a finalidade de promover a coagulação apresenta uma faixa ótima de pH e a simples elevação da dosagem não garante uma eficiência maior. Portanto, o devido controle dos processos envolvidos nessa etapa do tratamento, permite obter maiores eficiências com menor volume de produtos químicos (HELLER & PADUA, 2006).

Os parâmetros de projeto para as unidades de coagulação e mistura rápida são o tempo de detenção e o gradiente de velocidade (relacionado a intensidade de agitação da massa líquida necessária para garantir a adequada dispersão dos coagulantes) devem ser ajustados de acordo com a necessidade de tratamento e os padrões da água coletada. Os gradientes de velocidade médios podem variar de 500/s à 7000/s e o tempo de mistura rápida pode variar de 1 segundo a 3 minutos (HELLER;PADUA, 2006).

O processo de coagulação é realizado em unidades de mistura rápida, as quais podem ser hidráulicas (vertedores, calhas Parshall, injetores e difusores), mecânicas (camara de mistura ou Backmix) e especiais (misturadores estáticos e in-line Blenders) (SABOGAL, 2007).

Os principais coagulantes disponíveis no mercado para o tratamento de água são: sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidroxocloreto de alumínio e sulfato férrico (MACEDO, 2007).

COAGULANTE OU FLOCULANTE	FUNÇÃO
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> – Sulfato de Alumínio	Cátions polivalentes (Al <sup>3+</sup> , Fe <sup>3+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , etc) neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas e os hidróxidos metálicos (Ex.: Al <sub>2</sub> (OH) <sub>3</sub> ), ao adsorverem os particulados, geram uma floculação parcial.
PAC – Policloreto de Alumínio	
Fe Cl <sub>3</sub> – Cloreto Férrico	
FeSO <sub>4</sub> – Sulfato Ferroso	
Ca(OH) <sub>2</sub> -Hidróxido de Cálcio	Usualmente utilizado como agente controlador do pH. Porém, os íons cálcio atuam também como agentes de neutralização das cargas elétricas superficiais, funcionando como um coagulante inorgânico.
Polímeros Aniónicos e Não-Iônicos	Geração de "pontes" entre as partículas já coaguladas e a cadeia do polímero, gerando flocos de maior diâmetro.
Polímeros Catiônicos	Neutralização das cargas elétricas superficiais que envolvem os sólidos suspensos e incremento do tamanho dos flocos formados (via formação de pontes). Usualmente utilizado no tratamento de lamas orgânicas.
Policátions	São polieletrólitos catiônicos de baixo peso molecular, os quais possuem como função principal a neutralização das cargas elétricas superficiais e aumento do tamanho dos flocos. Utilizados em substituição ao floculantes inorgânicos convencionais.

**Figura 4: Principais Coagulantes e agentes floculantes utilizados no Tratamento de Água (KURITA, 2010)**

**Floculação.** A floculação é um processo fundamentalmente físico e consiste no transporte das espécies hidrolizadas, para que haja contato com as impurezas presentes na água, formando partículas maiores denominadas flocos. É um processo rápido e depende essencialmente do pH, da temperatura, da quantidade de impureza. Nesta etapa há a necessidade de agitação relativamente lenta, para que ocorram choques entre as partículas (DI BERNARDO & COSTA, 1993 apud MACEDO, 2007).

As reações químicas que se iniciam na unidade de mistura rápida possibilitam que as impurezas presentes na água possam se aglomerar, formando flocos na unidade de floculação. Nesta unidade não ocorre remoção de impurezas, mas apenas o acondicionamento da água que será encaminhada para decantadores, floculadores ou filtros da ETA, através do aumento das partículas (HELLER & PÁDUA, 2006).

Os parâmetros de operação e projeto destas unidades são o tempo de detenção no tanque de floculação e o gradiente de velocidade. Eles devem ser determinados de acordo com o tratamento e as necessidades de cada estação de tratamento. (HELLER & PÁDUA, 2006).

Nas ETAs a floculação pode ocorrer de forma hidráulica ou mecânica. Embora a floculação hidráulica apresente menor custo de construção e manutenção e maior simplicidade de operação, ela não possui a flexibilidade quanto a alteração dos valores de gradientes de velocidade média, o que pode tornar inadequada a sua aplicação em ETAs em que a água bruta apresenta, sazonalmente, grande variação de qualidade (HELLER & PÁDUA, 2006).

**Decantação.** A decantação é um fenômeno físico natural e corresponde a etapa de deposição das impurezas, aglutinadas em flocos no processo nas etapas anteriores do tratamento da água (coagulação e floculação), devido a ação da força gravitacional (DI BERNARDO & COSTA, 1993 apud MACEDO, 2007).

HELLER & PÁDUA (2006) afirmam que a implementação destas unidades é justificada em ETA's nas quais a água submetida ao tratamento apresenta concentrações de sólidos (dissolvidos, coloidais e/ou suspensos) elevadas, como etapa preliminar ao processo de filtração. O projeto destas unidades deve considerar a taxa de aplicação superficial, que está diretamente relacionada com a velocidade de sedimentação das partículas suspensas.

**Filtração.** A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais presentes na água que escoam através de um meio poroso. Nas ETA's, a filtração é um processo final de remoção de impurezas, logo, principal responsável pela produção de água com qualidade condizendo com o padrão de potabilidade (OMS, 2004).

Segundo MACEDO & RICHTER (2007), na filtração ocorre a remoção das partículas em suspensão e até mesmo parte da carga bacteriana. Esta etapa pode envolver fenômenos físicos, químicos e, às vezes, biológicos.

Para realizar a remoção de tais impurezas da água é necessário analisar o tipo de material que se deseja separar, como também, o tipo de filtro que será o mais adequado para tal processo. Deste modo, é possível verificar a velocidade com que a água passa pelo mesmo e denominar qual filtro será mais apropriado: o filtro lento ou o filtro rápido (RICHTER, NETTO, 2007).

**Fluoretação.** A fluoretação, que não é considerada uma forma de tratamento, corresponde a adição de flúor, em geral na forma de ácido fluossilícico, fluossilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com a finalidade de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER;PADUA, 2007).

Esta medida representa uma ótima relação custo benefício, pois a adição de flúor a níveis que obtenham a máxima proteção contra a cárie (1,0 a 1,2 mg/L), representa um custo bastante reduzido. Cerca de US\$ 0,8 por pessoa/ano e de US\$ 0,03 por pessoa/ano nos EUA e na cidade de São Paulo, respectivamente (NEWBURN, 1998 apud MACEDO, 2006; FRIAS, 2006).

**Desinfecção.** De acordo com HELLER & PÁDUA (2006), a desinfecção na água tem o objetivo de corrigir e prevenir. Este método busca eliminar os organismos patogênicos que possam estar presentes na água. Para isso, é mantido um desinfetante na água fornecida à população, para prevenir algum tipo de contaminação posterior.

A desinfecção é realizada por meio de dois tipos de agentes: o físico e o químico. Dentre os agentes físicos estão a luz solar, o calor e a radiação ultravioleta, já os agentes químicos englobam o ozônio e peróxido de hidrogênio,

permanganato de potássio, ácido peracético, iodo, íons metálicos, ferratos, processos oxidativos avançados, dióxido de cloro, derivados clorados (orgânicos e inorgânicos) e bromo (MACEDO, 2007, p. 418).

Segundo DI BERNARDO & DANTAS (2005) para serem usados nas ETA's, os desinfetantes devem apresentar as seguintes características:

- Destruir microorganismos patológicos;
- Oferecer condições seguras de transporte, armazenamento, manuseio e aplicação na água;
- Determinar sua concentração na água, por meio de experimentos laboratoriais;
- Produzir residual persistente na água, assegurando sua qualidade contra eventuais contaminações nas diferentes partes do abastecimento;
- Não ser tóxico ao ser humano ou aos animais;

## RESULTADOS

Como resultado da pesquisa de revisão de literatura foi elaborada a Tabela 1, que relaciona as etapas do tratamento convencional de água e seus respectivos parâmetros de projeto, indicadores de referência e fatores que influem na eficiência dos processos.

Entende-se por indicadores de referência os parâmetros que, a partir do monitoramento contínuo, possibilitam a determinação da qualidade e da eficiência do tratamento de água.

**Tabela 2: Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento**

Processo	Objetivo	Etapa	Indicadores de referência	Fatores que influenciam a eficiência
<b>Clarificação</b>	Remoção de turbidez, cor e, de forma secundária, matéria orgânica natural.	Coagulação	Volume de coagulante e custos operacionais.	Concentração de matéria suspensa, coloidal e dissolvida, pH, temperatura, dosagem de coagulante e tempo de mistura rápida
		Floculação	Tamanho e densidade dos flocos, custos operacionais.	Eficiência da etapa anterior, quantidade de agitação, concentração de flocos
		Decantação	Turbidez, cor, sólidos dissolvidos e suspensos, quantidade de lodo decantado e velocidade de decantação, custos operacionais.	Eficiência das etapas anteriores, tamanho e densidades dos flocos, quantidade de agitação.
		Filtração	Turbidez, cor, sólidos suspensos e dissolvidos	Escolha do tipo de filtro, o tamanho do material a ser filtrado, o método de filtração escolhido

Fonte: (HELLER & PADUA, 2006; MACEDO, 2007)

**Tabela 2: Indicadores de referência e os fatores que influenciam na eficiência do tratamento (Continuação)**

Processo	Objetivo	Etapa	Indicadores de Referência	Fatores que influenciam a eficiência
<b>Desinfecção</b>	Eliminação de microrganismos patogênicos	-	Número mais provável de coliformes, quantidade de desinfetante e outros produtos usados.	Tempo de contato com a água, tipo de agente químico, intensidade e natureza do agente físico utilizado como desinfetantes e tipos de organismos
<b>Fluoretação</b>	Combate e prevenção à cárie	-	Concentração de flúor	-
<b>Correção de acidez</b>	Combate a corrosão e incrustação nos encanamentos	-	Volume de cal hidratada ou carbonato de sódio	-

Fonte: (HELLER & PADUA, 2006; MACEDO, 2007)

A determinação de indicadores de referência para o processo de tratamento de água é uma importante medida, no que diz respeito ao monitoramento da qualidade do processo realizado, permitindo a correção de eventuais falhas. O controle rigoroso dos fatores que influenciam na eficiência da ETA permite que as condições ótimas para cada etapa sejam mantidas, resultando em uma água com maior qualidade.

## CONCLUSÃO

Por se tratarem de etapas seqüenciais, o mau funcionamento de um dos processos envolvidos no tratamento convencional de água para abastecimento humano compromete a eficiência dos subseqüentes, comprometendo a qualidade da água tratada.

A determinação de indicadores de referência específicos para cada uma das etapas envolvidas no processo de tratamento de água é uma medida essencial para o monitoramento da eficiência do processo, da qualidade da água e para a determinação de eventuais falhas.

O controle rigoroso dos fatores que influenciam na eficiência da ETA e das condições favoráveis garante que as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação tenham desempenho maximizado.

## REFERÊNCIAS:

1. ACHON, C. L. **Ecoeficiência de Sistemas de Tratamento de Água a Luz dos Conceito da ISO 14.001**. dissertação de doutorado USP – 2008.
2. BOTERO, W. G. **CARACTERIZAÇÃO DE LODO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO AGRÍCOLA**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 8, 2018-2022, 2009.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. **Normas e padrão de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano**. Normas regulamentadoras aprovadas pela Portaria n° 518. Brasília, 2004.
4. DI BERNARDO, L.; PADUA, L.V. **Ensaio de bancada para estimar a perda de carga e a influência da floculação na filtração direta descendente**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2000. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/i-034.pdf>> Acesso em 25/05/2011.
5. HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2008). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro. Brasil.
7. KURITA. **Soluções em Engenharia de Tratamento de Água**. Disponível em: <<http://www.kurita.com.br/adm/download/ETA.pdf>>. Acesso em: Setembro de 2011.
8. LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento**. Paraná: Prefeitura Municipal de Londrina, 2008/09. 476 p. Disponível em <<http://www1.londrina.pr.gov.br/index.php>> Acesso em: Setembro de 2011.
9. MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3º Ed. Minas Gerais: CRQ – MG, 2007.
10. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/518\\_04.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/518_04.htm)>. Acesso em: Setembro de 2011.
11. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – OMS(2004). **Guidelines for Drinking-Water Quality**. Volume 1, Geneva, SW. 494p.
12. PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. São Carlos, SP. 233p. (Dissertação Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em <[www.usp.com.br](http://www.usp.com.br)>. Acesso em 25/05/2011.
13. PORTO, M.F.A.. (1995). Aspectos **Qualitativos do Escoamento Superficial m Áreas Urbanas**. In:TUCCI,USEPA. (1997). *Urbanization and Streams: Studies of Hydrologic Impacts*. EPA. 841-R-97-009. Washington, DC.
14. RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento d água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Blucher, 1991.



***II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental***

---

15. SABOGAL, L. P. **Modelo Conceitual da Selecao de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidades de Pequeno Porte.** dissertação de doutorado USP – 2007.
16. VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2.ed. v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais.