

EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS DE CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA APLICADOS NO SISTEMA DE TRATAMENTO DE PONTA GROSSA (PR)

Guilherme Araujo Vuitik –Universidade Estadual de Ponta Grossa – guilherme_vuitik@hotmail.com

Bruna Leão Malkowski - Universidade Estadual de Ponta Grossa – bru_leao13@hotmail.com

Giovana Kátie Wiecheteck - Universidade Estadual de Ponta Grossa – giovana@uepg.br

Resumo: O presente estudo apresenta a eficiência dos processos de clarificação de água convencional (I) e de clarificação estabilizada com microareia (II), aplicados no sistema de tratamento de água de Ponta Grossa. Nesse município, existem duas captações de água, uma na Represa Alagados e outra no Rio Pitangui, a jusante da represa. Na década de 70, foi implantada a Estação de Tratamento de Água (ETA) Alagados, com a tecnologia de filtração direta ascendente. Com o aumento da demanda, na década de 80, foi construída junto à ETA Alagados, a ETA Pitangui, com tratamento em ciclo completo. Porém, com o aumento do afloramento algal em determinadas épocas do ano, refletindo na qualidade da água bruta, iniciou-se um estudo sobre a possibilidade de mudanças nas duas ETA's. A Companhia de Saneamento optou pela implantação do Sistema de Clarificação de Água Estabilizada com Microareia, conhecido como Actiflo[®]. Hoje, os três sistemas de tratamento compõem uma única estação de tratamento de água. A metodologia desse estudo, consistiu em realizar, durante sessenta dias, determinações diárias de pH, cor aparente e turbidez para amostras de água bruta, coagulada e decantada, registrando também as vazões de operação dos clarificadores e o número de cianobactérias presentes na água bruta. Ambos os processos apresentaram eficiência média de remoção de cor aparente na ordem de 90% e de remoção de turbidez, de 85%. O Processo I mostrou-se mais eficiente que o Processo II durante o período de monitoramento, tanto em remoção de cor aparente, quanto de turbidez.

Palavras-chave: Clarificação Estabilizada com Microareia; Qualidade da Água; Tratamento em Ciclo Completo.

EFFICIENCY OF WATER CLARIFICATION PROCESSES APLIED IN THE TREATMENT SYSTEM OF PONTA GROSSA (PR)

Abstract: The present study was to compare the efficiency of the processes of conventional water clarification (I) with the microsand ballasted clarification (II) applied in water treatment systems of Ponta Grossa. In this city, there are two water supply sources, one in the Alagados Dam and another in the Rio Pitangui, downstream of the dam. In the 70's it was implanted to the Alagados Water Treatment Plant (Alagados WTP), with the technology of upflow direct filtration. With increasing demand, in the 80's, was built next to Alagados WTP, Pitangui WTP with conventional water treatment. However with the gradual increase in the algal outcrop at certain times of the year, which reflects directly in the quality of raw water, began a study about the possibility of changes in both WTP's. The Sanitation Company opted for introduction of the Microsand Ballasted Clarification System, known as Actiflo[®]. Today, all three treatment systems comprise a single WTP, which can be operated so practical and functional, where the flows are directing between each unit. The study methodology consisted in the accomplishment, during sixty days, of daily determinations of pH, apparent color and turbidity of raw water, coagulated water and settled water samples. The flow of operation of the clarifiers and the number of blooms of cyanobacteria present in raw water was also recorded. Both processes were effective showing average efficiency of removal of apparent color in the order of 90% and turbidity removal in the order of 85%. The Process I was more effective than Process II during the monitoring period, both in apparent color removal and in turbidity removal.

Keywords: Conventional Water Treatment, Microsand Ballasted Clarification, Water Quality.

1. INTRODUÇÃO

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, integrando aproximadamente dois terços do corpo humano e atingindo até 98% em certos animais aquáticos e vegetais. Ocupa aproximadamente 75% da superfície da Terra e constitui-se

também no solvente universal da maioria das substâncias. Da sua capacidade de dissolução advêm diversas de suas características e propriedades, bem como de sua capacidade de transporte interação com os organismos vivos (LIBÂNIO, 2005)

Estima-se que seja de $1,5 \times 10^9 \text{ km}^3$ o volume de água do planeta (LVOVITCH, 1984), dos quais aproximadamente 97% correspondem à água salgada. Da parcela de água doce, 72% correspondem às águas subterrâneas e 27% às geleiras, ou seja, as águas superficiais correspondem apenas a 1% do volume de água doce disponível no planeta.

Para Galvis (2002 in SMET e VAN WIJK, 2002) o tratamento da água é necessário para que esta se apresente adequada aos padrões de potabilidade, estabelecidos no Brasil pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (2004), bem como adequar suas características a seus múltiplos usos. Além disso, a água utilizada para abastecimento público deve ter sua qualidade ajustada de forma a prevenir doenças de veiculação hídrica; prevenir a cárie dentária em crianças (através da fluoretação) e proteger o sistema de abastecimento dos efeitos da corrosão e da deposição de partículas no interior das tubulações (MOTA, 1997).

Parafraseando Di Bernardo e Dantas (2005), tendo em vista que as tecnologias de tratamento de água alcançaram evolução ímpar, pode-se dizer que a princípio, qualquer água, independente da qualidade que apresente, pode ser tratada, ou seja, convertida em água potável. No entanto, os custos e riscos relacionados ao tratamento de águas muito contaminadas, ou mesmo tratados por métodos inapropriados, podem ser muito elevados.

As tecnologias de tratamento apresentam, basicamente, três fases: clarificação, filtração e desinfecção, correspondendo a clarificação aos processos de coagulação, floculação e decantação (LIBÂNIO, 2005). Sabe-se que a aplicação desses três processos pode variar conforme a qualidade da água a ser tratada, à medida que se verifiquem alterações na qualidade da água bruta, vão se inserindo os demais processos, a fim de manter os padrões de potabilidade do efluente do tratamento.

A partir do ano de 2009, passaram a ser adotadas duas diferentes soluções em tratamento de água no município de Ponta Grossa - Paraná, que conta com duas estações de captação, sendo uma delas em lago represado, onde afloramentos algais sazonais decorrem em queda substancial da qualidade da água afluyente à estação de tratamento, dificultando sobremaneira a operação desta.

Uma das tecnologias empregadas no município é o tratamento em ciclo completo, ou convencional. No entanto, essa tecnologia não vinha apresentando resultados satisfatórios frente à demanda do município. A presença excessiva de algas decorria em maiores custos no processo de tratamento, uma vez que as carreiras de filtração eram mais curtas e conseqüentemente maiores volumes de água para as lavagens dos filtros eram necessários.

Com o propósito de minimizar custos no tratamento e produzir água tratada em maior escala e de melhor qualidade, optou-se pelo processo de clarificação estabilizada com microareia como alternativa à remoção de algas. A tecnologia empregada, denominada Actiflo®, é de patente francesa, cujos direitos são detidos pela empresa Veolia Water.

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), no tratamento em ciclo completo, a água bruta deverá ser submetida à coagulação, floculação, decantação e filtração antes das operações de desinfecção, fluoretação e correção do pH para posterior acondicionamento final e distribuição. Dependendo da qualidade da água bruta, esse processo pode ou não ser precedido de pré-tratamento. Por se tratarem de etapas desta tecnologia de tratamento, a coagulação, floculação e decantação correspondem ao processo de clarificação dito convencional.

Durante a coagulação, a água bruta recebe a adição de um sal de alumínio ou de ferro,

formando precipitados do metal coagulante que retém as impurezas contidas na água. Mediante a introdução de energia em diferentes estágios, ocorre a formação dos flocos, como resultado do contato entre as impurezas da água e o coagulante aplicado, etapa conhecida como floculação.

Na sedimentação, as partículas sólidas suspensas em um meio líquido de menor massa específica sofrem um movimento descendente ocasionado pela ação da gravidade. O fenômeno físico da sedimentação permite a clarificação do meio líquido, separando as fases líquida e sólida. A água clarificada é, então, filtrada em unidades contendo materiais granulares com granulometria apropriada, geralmente areia ou antracito e areia.

Com o uso da tecnologia de clarificação estabilizada com microareia, a água passa pelas etapas de coagulação, floculação, maturação dos flocos e decantação, da mesma forma que no tratamento em ciclo completo, porém todo o processo se dá com velocidade excepcionalmente maior (KJAER, 2001). A água bruta é introduzida no tanque de mistura rápida e entra em contato com um reagente químico (coagulante). Este age sobre os sólidos em suspensão dando origem às partículas positivas e negativas que irão se aglomerar formando os flocos, da mesma forma que na coagulação convencional. Passando ao tanque de mistura lenta, os flocos que começam a ser formados se incorporam à microareia, que confere ao floco maior densidade e peso, com o propósito de facilitar a sua sedimentação (STOWA, 2006).

2. OBJETIVOS

O objetivo principal do presente estudo foi comparar a eficiência dos processos de clarificação de água convencional com o de clarificação estabilizada com microareia, aplicados nos sistemas de tratamento de água no município de Ponta Grossa – PR. Os objetivos específicos foram: apresentar o fluxograma dos sistemas de tratamento de água; descrever as tecnologias de clarificação empregadas nos sistemas de tratamento de água; avaliar a qualidade da água bruta, coagulada e decantada, nos processos de clarificação convencional (I) e clarificação estabilizada com microareia (II), comparando a eficiência de remoção de cor aparente e turbidez em cada um deles.

3. METODOLOGIA

O fluxograma do sistema de tratamento e a descrição dos processos de clarificação foram elaborados através dos dados extraídos dos memoriais descritivos dos projetos das ETA's, obtidos junto à Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Os complementos foram obtidos nas diversas visitas realizadas às ETA's, quando além do registro fotográfico, peculiaridades dos sistemas foram informadas pelos operadores e demais funcionários.

A eficiência dos processos de clarificação foi determinada através de ensaios realizados diariamente, durante 60 dias, entre os dias 03 de março e 01 de maio de 2010. Tal período foi selecionado com base em registros históricos e na experiência dos operadores das ETA's, buscando-se avaliar o comportamento dos clarificadores operando durante surtos de afloramento algal.

Foram realizadas determinações diárias de pH, cor aparente e turbidez, de acordo com as recomendações de APHA et al. (1998), para amostras de água bruta (AB), coletada na entrada das Calhas Parshall, água coagulada (AC), coletada na entrada dos floculadores e água decantada (AD), coletada na saída dos decantadores, conforme ilustrado na Figura 1. No instante das coletas foram também registradas as vazões de operação dos clarificadores.

Acompanhou-se, também, a contagem de cianobactérias presentes na água bruta, realizada duas vezes por semana pelo corpo técnico da Sanepar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Fluxograma do Sistema de Tratamento de Água em Ponta Grossa

Em Ponta Grossa, existem duas captações de água, sendo uma na Represa Alagados, formada com a barragem do Rio Pitanguí, que supre 40% da demanda, e outra no próprio Rio Pitanguí, a jusante da represa, contribuindo com a maior parte (60%) das necessidades de abastecimento de água da população.

Na década de 70, foi implantada a Estação de Tratamento de Água Alagados (ETA Alagados), com a tecnologia de filtração direta ascendente. Com o aumento da demanda, na década de 80, foi construída junto à ETA Alagados, a Estação de Tratamento de Água Pitanguí (ETA Pitanguí), que utiliza tratamento em ciclo completo. Porém com as implicações na qualidade da água bruta da Represa Alagados, como o aumento gradativo do afloramento algal em determinadas épocas do ano, que reflete diretamente na água bruta do Rio Pitanguí, iniciou-se um estudo sobre a possibilidade de mudanças nas duas ETAs.

Em 13 de março de 2009, foi inaugurado o Sistema de Clarificação de Água Estabilizada com Microareia, tecnologia desenvolvida pela Veolia Water, conhecida como Actiflo®. Hoje, os três sistemas de tratamento compõem uma única ETA, que pode ser operada de modo prático e funcional, direcionando-se os fluxos entre cada uma das unidades, conforme ilustrado na Figura 1.

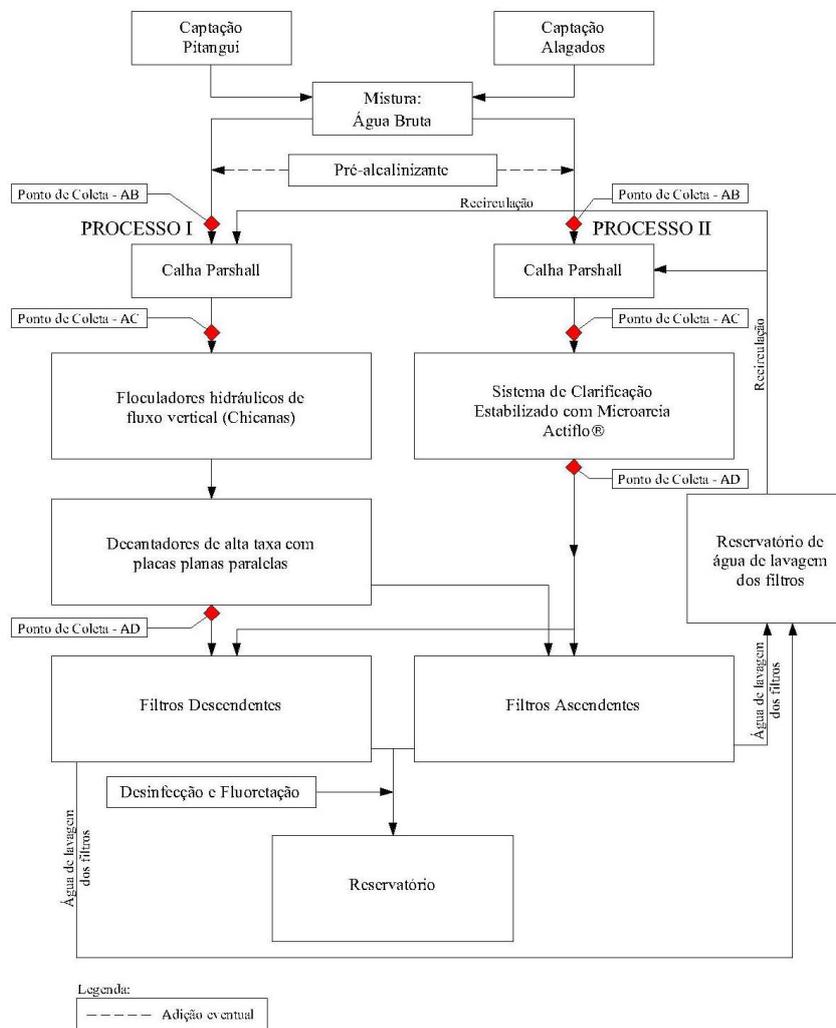


Figura 1- Fluxograma do sistema de tratamento de água em Ponta Grossa – PR

4.2. Descrição dos Processos de Clarificação Empregados no Sistema de Tratamento de Água

PROCESSO I – CLARIFICAÇÃO CONVENCIONAL

A chegada da água bruta na unidade de clarificação convencional existente no sistema de tratamento de água (Processo I) do município de Ponta Grossa realiza-se em uma torre de concreto armado com dimensões de 1,20 x 2,50 m, em planta. Em seguida, a água é encaminhada para uma calha Parshall modificada, com 1,20 m de garganta, na qual ocorre a medição de vazão e a mistura rápida, com a aplicação do coagulante sulfato de alumínio, em geral, à dosagem de 20 mg/L. Após receber o coagulante, a água segue para outra torre de concreto armado que direciona o fluxo ao floculador. A Figura 2 mostra uma vista geral do processo de clarificação convencional, em evidência observa-se a calha Parshall e ao fundo as unidades de filtração, os floculadores e os decantadores.

A água entra no floculador por uma tubulação de ferro fundido de 0,8 m de diâmetro onde há uma válvula borboleta para controle da vazão. O floculador é do tipo hidráulico com chicanas de fluxo vertical, composto por trinta e seis câmaras e com um volume útil de 600 m³. O tempo de detenção na unidade de mistura lenta é de, aproximadamente, 20 minutos e os gradientes de velocidade variam de 75 a 25 s⁻¹, dependendo da vazão aplicada. Nas câmaras intermediárias do floculador ocorre a adição de polímero, quando esta se faz necessária, à dosagem aproximada de 0,05 mg/L.



Figura 2 - Visão geral do processo de clarificação convencional, com destaque para a calha parshall
Fonte: os autores (2010)

Após a formação dos flocos na unidade de mistura lenta, a água segue para os decantadores de alta taxa (180 m³/m².d), conforme Figura 3, dotados de placas planas paralelas. Tais placas são constituídas de cimento amianto com dimensões de 1,20 x 1,50 m e 0,008 m de espessura, sendo fixadas nas paredes laterais através de perfis de alumínio a uma inclinação de 60°,

dispostas a 0,05 m uma da outra. Sobre as placas há uma tela de malha fina, constituída de polietileno, que auxilia no processo de retenção dos flocos.



Figura 3 - Decantadores de Alta Taxa que Compõe o Processo de Clarificação Convencional
Fonte: Os Autores (2010)

Ao centro dos decantadores existe uma estrutura de concreto armado subdividida em três seções independentes que possuem funções distintas, conforme descrição abaixo.

A porção inferior dessa estrutura funciona como um canal de coleta de lodo, recebendo a cada lado doze pequenas estruturas de concreto cuja extremidade fica imersa na região de acúmulo de lodo no fundo do decantador. Ao final do canal, há um registro de descarga de 0,4 m que, quando aberto, gera um fluxo de água através dos tubos laterais, carreando assim o lodo depositado para o interior do canal, possibilitando a limpeza de fundo do tanque de decantação. Para facilitar esse processo, o fundo possui um enchimento em concreto ciclópico, formando superfícies inclinadas a 60°. Além desse sistema de limpeza, cada unidade conta com um sistema secundário, constituído de uma canalização horizontal, utilizado somente quando há o esvaziamento completo da unidade.

A parte central da estrutura é um conduto de seção variável cuja função é distribuir a água floculada entre os decantadores. Existem oito aberturas de cada lado nas paredes laterais junto ao fundo, cada uma com dimensões de 0,3 x 0,3 m que permitem a passagem de água floculada, não ocorrendo a agitação excessiva devido a existência de uma cortina defletora de madeira.

Finalmente, ao canal superior de fundo inclinado, convergem dezesseis calhas de coleta de água decantada, sendo oito de cada lado, distanciadas de 1,45 m, todas construídas em alumínio. A água coletada por esse canal segue em direção as unidades filtrantes.

PROCESSO II – CLARIFICAÇÃO ESTABILIZADA COM MICROAREIA

Da mesma forma que no clarificador convencional, a água bruta chega na unidade de clarificação estabilizada com microareia através de uma tubulação de ferro dúctil de 0,8 m de diâmetro. Inicialmente, a água passa pela calha Parshall na qual ocorre a medição de vazão e a adição do coagulante, também sulfato de alumínio, em geral, à dosagem de 20 mg/L.

Após a adição do coagulante, a água é encaminhada para a câmara de mistura rápida, a qual é equipada com um agitador mecanizado, ocorrendo a coagulação química. Após essa etapa, a água passa à câmara de injeção onde será introduzida a microareia. Esta câmara também está equipada com um agitador mecanizado, favorecendo a mistura da água coagulada com a microareia.

A microareia deve ter dimensões entre 80 e 120 μm e auxiliará no processo reduzindo a área disponível de fluxo para as partículas coaguladas, aumentando as chances das partículas se agregarem, proporcionando maior peso aos flocos para facilitar sua sedimentação.

Da câmara de injeção, a água segue para o tanque de maturação/floculação, mecanismo físico pelo qual se dá a formação dos flocos pela agregação de partículas. Para auxiliar a floculação é adicionado polímero, polieletrólito aniônico, por uma tubulação no fundo do tanque, em geral, à dosagem de 0,15 mg/L. Durante a etapa de floculação, a água é agitada lentamente, com agitadores mecânicos ajustados à rotação de 20 a 27 rpm, para evitar o rompimento dos flocos, porém mantendo-os em suspensão.

Após a floculação, a água é direcionada ao decantador de alta taxa com dutos de plástico, tipo colméias. A água passa pelos dutos no sentido ascendente, acelerando a sedimentação dos flocos e separando a água clarificada, que é coletada pelas calhas instaladas sobre os dutos. Após essa etapa, a água é encaminhada aos filtros. A Figura 4 apresenta uma foto do processo de clarificação estabilizada com microareia, evidenciando decantador de alta taxa e as calhas de coleta de água decantada.



Figura 4 - Visão geral do processo de clarificação estabilizada com microareia, com destaque para o decantador e calhas de coleta de água decantada.

Fonte: os autores (2010)

Os flocos sedimentados, contendo a microareia, formam o lodo que é direcionado para o centro do decantador por meio de um raspador circular, onde ele é succionado e bombeado para um hidrociclone, mostrado na Figura 5, que irá separar a microareia do lodo. O lodo é encaminhado para um reservatório e posteriormente, para a rede coletora de esgoto. A microareia retornam ao processo, para serem reutilizadas na câmara de injeção.

Mesmo com o reaproveitamento da microareia, ocorrem perdas, havendo a necessidade da reposição manual pelo operador da ETA. Atualmente utiliza-se a proporção de 2,2 g de microareia por litro de água.



Figura 51 - Hidrociclones
Fonte: Os Autores (2010)

4.3. Coleta e Análise da Qualidade da Água Bruta, Coagulada e Decantada nos Processos de Clarificação I e II

As vazões afluentes a cada processo mantiveram-se oscilando proporcionalmente, variando de 218,9 a 388,0 L/s, no Processo I; e de 441,6 a 665,3 L/s, no Processo II.

Em 85% do período de monitoramento, a água bruta manteve-se constante, com cor aparente entre 120 e 220 uH e turbidez entre 4,9 e 13,5 uT, em ambos os processos. A ocorrência de picos isolados nesses valores se deve à incidência de chuvas na região dos mananciais, ampliando o intervalo dos valores medidos no Processo I para a cor aparente entre 128 e > 550 uH com média de 199 uH e turbidez entre 5,3 e 111,0 uT. No Processo II as variações foram: cor aparente entre 120 e > 550 uH com média de 189 uH e turbidez entre 4,9 e 78,5 uT.

Quanto à quantidade de cianobactérias presentes na água bruta nesse mesmo período, a variação foi de 44.780 a 224.453 céls/mL, como se pode observar na Figura 6. Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, a concentração de cianobactérias de 50.000 cél/mL enquadra o corpo d'água na classe 3.

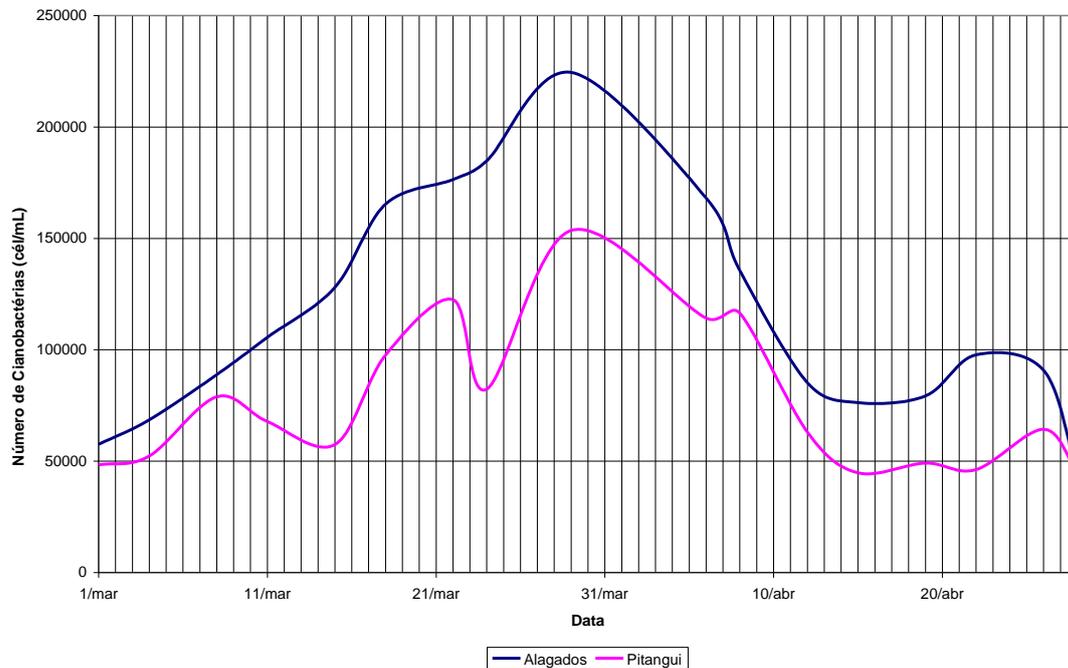


Figura 6 – Contagem de cianobactérias presentes na água bruta por captação
 Fonte: Sanepar (2010)

Os resultados de pH para o Processo I variaram de 6,82 a 7,92 para a água bruta, de 4,58 a 6,75 para a água coagulada e de 4,64 a 6,63 para a água decantada. Enquanto no Processo II a variação foi de 6,44 a 8,01 para a água bruta, de 4,96 a 6,59 para a água coagulada e de 4,98 a 6,46 para a água decantada.

A eficiência média de remoção de cor aparente e turbidez, durante o período de monitoramento em ambos os processos, pode ser obtida a partir dos valores encontrados para esses dois parâmetros, cujo resumo é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Variação dos parâmetros analisados para os Processos I e II

	Processo I (Q = 218,9 a 388,0 L/s)			Processo II (Q = 441,6 a 665,3 L/s)		
	Cor aparente (uH)		Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)		Turbidez (uT)
	Intervalo	Média	Intervalo	Intervalo	Média	Intervalo
Água Bruta	128 a >550	213	5,3 a 111,0	120 a >550	195	4,9 a 78,5
Água Coagulada	137 a >550	216	6,4 a 150,0	139 a >550	211	8,2 a 75,7
Água Decantada	<1 a 47	13	0,51 a 2,85	<1 a 75	23	0,84 a 5,08

A eficiência média de remoção de cor aparente para o Processo I foi de 93%, enquanto para o Processo II foi de 88%. A eficiência média de remoção de turbidez para o Processo I foi de 90% e para o Processo II, de 82%. A Figura 7 apresenta o gráfico comparativo entre as eficiências médias obtidas nos dois processos, comprovando maior eficiência do Processo I, durante o período de avaliação. Com relação à vazão de água, e considerando uma demanda total média de 850 L/s, observa-se que no Processo I a vazão correspondente variou de 26 a 46%. No Processo II, cuja implantação objetivava maior capacidade de água tratada com

melhor qualidade, variou de 52 a 78%.

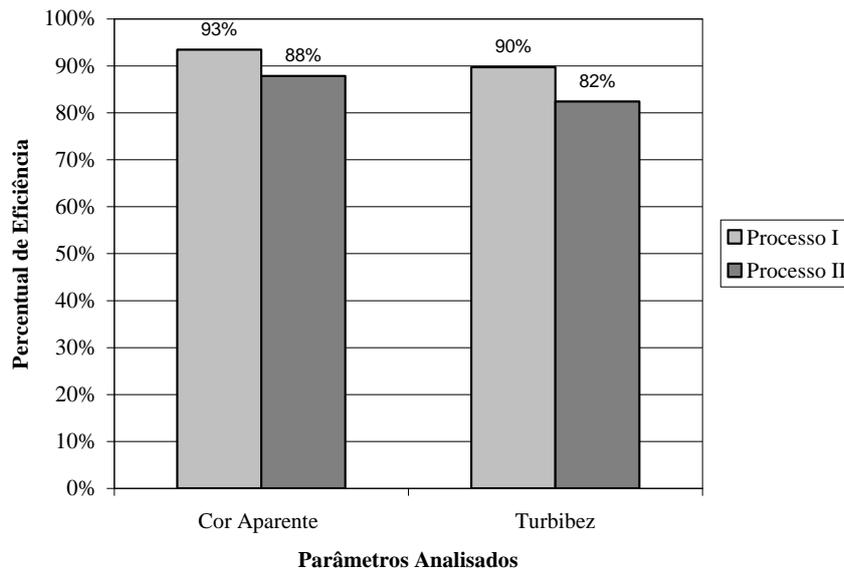


Figura 7 - Comparação da Eficiência Média de Remoção de Cor Aparente e Turbidez

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que a água potável deve apresentar valores de turbidez menores que 1 uT e valores de cor aparente menores que 15 uH. Destaca-se que os resultados obtidos para ambos os parâmetros nas amostras de água decantada não se enquadram nesses limites, sendo que a turbidez e a cor aparente remanescentes deverão ser removidas nas unidades de filtração e desinfecção. Como o objetivo do trabalho foi comparar os dois processos de clarificação, a qualidade da água filtrada não foi avaliada.

5. CONCLUSÕES

5.1. Quanto à Eficiência dos Processos

Ambos os processos mostraram-se eficientes no tratamento de água com altas concentrações de cianobactérias, pois apresentaram eficiência média de remoção de cor aparente na ordem de 90% e de remoção de turbidez, na ordem de 85%.

O Processo de Clarificação Convencional (I) mostrou-se mais eficiente que o Processo de Clarificação Estabilizada com Microareia (II) durante o período de monitoramento, tanto em remoção de cor aparente, quanto em remoção de turbidez. O monitoramento ocorreu durante surto de afloramento algal, não se dispondo, portanto, de padrões de comparação durante períodos de floração reduzida.

A avaliação da eficiência dos processos de clarificação inspira novos estudos, abrangendo períodos históricos mais longos. A variação da qualidade da água bruta, principalmente no que tange à presença de cianobactérias pode alterar completamente a dinâmica do tratamento, sendo necessário portanto, avaliar com maior rigor a influência da sua presença na eficiência dos dois processos.

5.2. Quanto à Viabilidade da Implantação do Processo de Clarificação Estabilizada com Microareia (Processo II)

Mesmo tendo apresentado menor eficiência que o Processo I, o Processo II tem maior capacidade de vazão tratada, atendendo ao problema de demanda do município. Pode-se destacar que o Processo I teve sua eficiência melhorada devido à redução de vazão a ser tratada, após a implantação do Processo II, conseguindo operar de forma otimizada.

O Processo II é composto por unidades mecanizadas de mistura rápida e mistura lenta, que comparadas às unidades hidráulicas do Processo I, passam a ser desvantajosas, pois exercem a mesma função consumindo mais energia. Em uma época em que todas as tecnologias parecem se voltar ao desenvolvimento sustentável, realizar exatamente a mesma tarefa com maior consumo de energia chega a ser um retrocesso.

Com a implantação do Processo II, a Sanepar realizou diversas modificações do sistema de tratamento de água, tornando-o mais flexível com relação ao aproveitamento de água de lavagem de filtros e distribuição de vazão nos dois processos. Estas modificações apresentam a vantagem da flexibilidade, mas a desvantagem das condições de controle de qualidade da água filtrada nos dois processos.

Referências

APHA, AWWA, WPCF *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th edition, Washington, USA, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR12216 - Projeto de estações de tratamento de água para abastecimento público*, Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Portaria nº518/2004*. Brasília, 2004. Legislação Federal e marginalia.

CARRIÓN, José Pérez. *Avances en sedimentación*. In: Curso sobre Tecnología de Tratamiento de Agua para Países en Desarrollo. Lima: CEPIS, 1977, p.1-50.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Resolução CONAMA 357/2005*. Brasília, 2005. Legislação Federal e marginalia

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 2ª Edição São Carlos: RIMA, 2005.

GALVIS, Geraldo C. In: SMET, Jo; VAN WIJK, Christine. *Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership*. Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre, 2002. p. 585.

KJAER, Ricardo. *La decantación lastrada y su aplicación para la potabilización de aguas superficiales*. In: AIDIS. Superación sanitaria y ambiental: el reto. Tegucigalpa: AIDIS, 2001. p.1-37.

LATKER, Erica. *ACTIFLO® Microsand Ballasted High Rate Clarifiers are the Heart of Water Treatment System in the Pacific Northwest, USA*. Disponível em: <<http://www.krugersa.com/lib/kruger/1/CE3178kV87S0Z5Hp71O6sWw5.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas: Átomo, 2005.

LVOVITCH, M. In: SCHWOERBEL, J. *Einführung in die limnologie*. Stuttgart, Germany: Gustav Fischer Verlag, 1984.

SANEPAR, Companhia de Saneamento do Paraná. URP **Unidade Regional de Ponta Grossa**. *Acervo Técnico*, Ponta Grossa.

SOLSONA, Felipe In: SMET, Jo; VAN WIJK, Christine. *Small Community Water Supplies: Technology, People and Partnership*. Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre, 2002. p. 585.

STEVENSON, David G. *Water treatment unit processes*. London: Imperial College Press, 1997. p. 432.

STOWA. *Actiflo Process*. Disponível em: <<http://www.stowa-selectedtechnologies.nl/Sheets/Sheets/Actiflo.Process.html>>. Acesso em: 22 fev. 2010.