



PADRÕES PARA ÁGUA DE REUSO PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA E POSSIBILIDADE DE UTILIZAÇÃO EM OUTROS SEGMENTOS

Stefan Richard Schölzel Bontus

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

Erivelto Heliton Bolonhese

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

RESUMO

O aumento da demanda pelos recursos hídricos, em função do contínuo crescimento populacional, tornou necessário um melhor controle sobre a forma de garantir a qualidade ambiental e saúde humana. Este trabalho apresenta essa problemática e o desenvolvimento de oportunidades de utilização racional dos recursos hídricos para fins não potáveis.

Verificou-se as necessidades dos processos, identificando os pontos de maior consumo de água, perdas físicas, geração de efluentes e suas variações em termos de carga e volume, propondo, desta forma, melhorias nos processos críticos e no tratamento de efluentes, para então avaliar as possibilidades de reuso de água.

Palavras-chave: Reuso de Água. Tratamento de Efluentes. Padrões para Reuso. Usos possíveis. Indústria Alimentícia.

ABSTRACT

The increased demand for water due the continued population growth, made necessary a better control in order to ensure environmental quality and human health. This paper presents this issue and the development of opportunities for the rational use of water resources for non-potable uses.

At first, were verified the needs of the processes, identifying the points of greatest water consumption, physical losses, wastewater discharges and its variations in terms of load (pollutants) and volume, proposing improvements for critical processes and for the wastewater treatment, making an subsequently evaluation of potential possibilities of water reuse.

Keywords: Water Reuse. Wastewater Treatment. Reuse standards. Possible uses. Food Industry.

INTRODUÇÃO

A crescente necessidade para suprir a demanda de água para os diversos setores da sociedade atual, tanto qualitativa, como quantitativa, conduzem à adoção de controles e padrões mais rigorosos por parte dos órgãos públicos e consequente criação de tecnologias mais refinadas e viáveis, de forma a garantir uma melhor perspectiva de utilização racional dos recursos hídricos ao longo dos anos, mantendo, minimamente, a qualidade de vida da sociedade e dos sistemas ambientais como um todo, assim como a viabilização de empreendimentos privados. A crescente escassez de recursos hídricos, aliada aos fatores regulatórios e econômicos, tornam possível a disseminação das tecnologias e práticas de melhor aproveitamento da água, assim como seu reuso. Atualmente, no Brasil, seja em nível Federal ou Estadual, não existem marcos regulatórios suficientes para que seja possível a ampla disseminação e controle do reuso de águas residuárias, sendo necessário que as empresas de saneamento e o setor privado em geral, criem seus próprios padrões embasados nas legislações ambientais e sanitárias vigentes, de forma que estes acabam tendo margens e limites tão, ou mais restritivos, que os das leis tidas como referência, dependendo de seu uso, podendo inviabilizar tais práticas, ou então, abrindo possibilidade de aumento da poluição hídrica no caso da redução dos padrões de tratamento sob o pretexto da utilização para fins de reuso em atividades com padrões supostamente menos restritivos, como no caso do uso direto não potável.

Dentro dos segmentos industriais, o que talvez seja o mais prejudicado pela falta de um arcabouço regulatório seguro para as possibilidade de reuso de águas residuárias, é o alimentício, uma vez que esta prática não é considerada como fonte hídrica alternativa pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e suas repartições, podendo representar risco à Segurança de Alimentos e da população geral. Desta forma, a busca por padrões internos adequados e das utilizações possíveis e de baixo risco, são necessários para viabilizar a gestão dos recursos hídricos como um todo, bem como os custos diretos ou indiretos relacionados, considerando a melhoria da qualidade ambiental e da população.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O REUSO DIRETO E INDIRETO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O **Reuso Direto** de efluentes, ou Planejado, após tratamentos diversos, passa a ser utilizado para finalidades específicas no próprio empreendimento, ou externamente a ele, para fins urbanos, agrícolas, etc., necessitando, em geral, de altos custos e atenção maior aos seus padrões, dependendo da utilização (FIESP/CIESP, 2004). A forma indireta, ou não planejada, consiste na utilização de águas captadas de um corpo hídrico a jusante de um local onde foram depositados os efluentes provenientes de fontes diversas, as quais sofreram a diluição prévia e depuração pelos processos biológicos naturais, com tempos de detenção são relativamente longos.

REUSO POTÁVEL E NÃO POTÁVEL

ABES (1992) *apud* FERNANDES (2009) classifica o reuso em duas categorias: potável e não potável; potável pode ser utilizada de forma direta ou indireta. A forma direta, implica em tratamentos avançados para atingir os padrões sanitários adequados, implicando em altos custos para tornarem viáveis. A forma indireta depende do volume do corpo d'água, local em que está inserido e das atividades que despejam seus efluentes a montante da captação, entre outros fatores, de forma a ocorrer o correto processo de depuração/diluição (WHO/UNEP, 1997).

As utilizações Não Potáveis, principalmente em áreas urbanas, representam menor risco à população uma vez que o tratamento a ser utilizado, assim como a qualidade de água requerida, dependem da utilização pretendida, ou seja, são águas sabidamente com menor qualidade, que não serão utilizadas para consumo humano (FERNANDES, 2009).

VANTAGENS DO REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA – BENEFÍCIOS AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS

Dentre os fatores de competitividade empresarial e principais benefícios ambientais, econômicos e sociais proporcionados pelo reuso de água, tem-se (FIESP/CIESP, 2004), entre outros, a redução dos custos relativos aos sistemas de captação, abastecimento, tratamento, operação e distribuição de água potável, assim como para os efluentes gerados, refletindo de forma direta nos custos de produção e reduzindo custos relativos à cobrança pelo uso da água.

NECESSIDADE DA CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NA EMPRESA

O Manual de Orientações para Conservação e Reuso de Água da FIESP/CIESP (2004) coloca que deve ser feita, a princípio, uma Avaliação Técnica Preliminar que se refere ao levantamento do maior número de dados e informações relacionados ao uso da água na indústria, com objetivo de se ter pleno conhecimento sobre a condição atual da sua utilização, de forma a dar subsídio tanto para as reduções potenciais do consumo e melhorias de eficiência do processo, como para o planejamento das formas de reuso possíveis.

USOS DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

Podem ser citadas, entre outros, como forma de uso da água nos empreendimentos industriais (FIESP/CIESP, 2004): consumo humano e matéria-prima.

PLANEJAMENTO DO REUSO DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS

O reuso de águas com qualidades inferiores à da água potável deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional, minimizando os custos com a implantação e de operação do sistema (ABNT, 1997).

O REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

De forma geral, o ramo de uma atividade industrial define o grau de qualidade da água a ser utilizada, ainda assim, diversos tipos de água, com diferentes níveis de qualidade, podem ser utilizados na mesma indústria. No caso da indústria de alimentos, os tipos de águas deverão apresentar características que variam segundo sua aplicação, no entanto, as boas práticas costumam restringir as indústrias a utilizarem apenas águas de alta qualidade, de forma a garantir a integridade da saúde humana. A Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, por meio de sua Portaria N° 326/97, coloca a possibilidade do uso de águas de qualidade inferior para processos em que não haja contato direto com alimentos ou superfícies onde estes possam vir a ter contato, desde que comprovadamente seguros à saúde e manipulação, e com a anuência do órgão Sanitário.

REGULAMENTAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUA NO MUNDO

Em 1958, o Conselho Econômico e Social da ONU, colocou para áreas com baixa disponibilidade de água potável, uma política de gestão que leva em conta a utilização de

águas com qualidade inferior, para usos menos restritivos, sendo a água de boa qualidade reservada para fins nobres, principalmente o consumo humano (WHO/UNEP, 1997).

A Conferência de Dublin, ocorrida em 1992, resultou na Declaração de Dublin, que colocou princípios para gestão sustentável da água, assim como recomendações, dentre as quais, o Reuso e Conservação da Água por meio de práticas de reciclagem de efluentes e melhoria na eficiência dos diferentes setores usuários, bem como promovendo os usos múltiplos.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou ECO 92, apresentou ao mundo a Agenda 21, na qual seu Capítulo 18 dita sobre a “Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos”, que cita a necessidade da possibilidade do reuso de efluentes em função da proteção das fontes potáveis.

REGULAMENTAÇÕES PARA O REUSO DE ÁGUA NO BRASIL

A Cobrança pelo Uso da Água já ocorre em nível nacional sendo, no Estado de São Paulo, aprovada pela Lei Nº 12.183/05 e regulamentada pelo Decreto Nº 50.667/06, no entanto, ainda que sejam recentes, as indústrias começam a rever seus processos e as formas de uso da água, procurando reduzir o consumo e a geração de efluentes (MATSUMURA, 2007). O Decreto Estadual Nº 56.503/10, aprovou e fixou os valores a serem aplicados nesta cobrança, sendo este um importante motivador da adoção das práticas de reuso.

O Decreto observa que a relação Demanda *versus* Disponibilidade hídrica da Bacia do Alto Tietê (UGRHI 6), leva a um cenário de escassez hídrica, e considera a Disponibilidade Hídrica Local (DHL) como “Muito Crítica”.

O Projeto de Lei Nº 5296/2005, que dita sobre as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e Política Nacional de Saneamento Básico (PNS), coloca que uma das Diretrizes para o Esgotamento Sanitário é o “incentivo ao reuso da água, à reciclagem dos demais constituintes dos esgotos e à eficiência energética, condicionado ao atendimento dos requisitos de saúde pública e de proteção ambiental” (Seção IV, Art. 8º, inciso III).

A Resolução Nº. 54/05, a minuta de Resolução Conjunta SES/SMA/SERHS, bem como a Deliberação CRH Nº 156/13, estabelecem diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direito não potável de água e apresentam modalidades.

A Resolução Nº 54/05, bem como a Deliberação CRH Nº 156/13, definem que o Produtor da Água de Reuso deve solicitar ao Departamento Estadual de Águas e Energia

Elétrica (DAEE) a Outorga de Autorização de Implantação de Empreendimento, bem como disponibilizar dados diversos sobre a origem, usos, volumes e balanço hídrico relacionado à água de reuso distribuída/utilizada.

Dentre as normas Nacionais, a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) N° 13969/97, que trata de “Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação” é a única a apresentar, além de categorias de reuso não potável, também a classificação dos usos e padrões que consideram a preservação da Saúde e da qualidade ambiental, ainda que bastante genéricos.

Quanto ao grau de tratamento, é definido pelo uso mais restrigente o que deve ser analisado pelo volume a ser utilizado (caso os usos menos restringentes sejam de maior volume, apenas a menor parte deve ter um maior grau de tratamento) (5.6.4).

A norma também enfatiza que o sistema de reservação e de distribuição deve ser identificado de modo claro e inconfundível, através de placas de advertência nos locais estratégicos e nas torneiras, além do emprego de cores nas tubulações e nos tanques de reservação distintas das demais, para não ocorrer uso errôneo ou mistura com o sistema de água potável ou outros fins (5.6.5).

Outro ponto relevante colocado pela NBR é relacionado a padrões de lançamento de esgoto doméstico, ou efluentes com características semelhantes, em galerias de águas pluviais. A contemplação do lançamento em galerias de águas pluviais é importante, uma vez que muitos usos para fins não potáveis da água podem ter seu destino estas galerias, notadamente usos comuns como lavagens de pisos e logradouros públicos, irrigação dos jardins, lavagem de veículos e outros citados pela Resolução N° 54/05 e Deliberação CRH N° 156/13, como combate a incêndio, desobstrução de tubulações, controle de poeira e construção civil, podendo caracterizar como irregularidade, no caso de algumas localidades (como ocorre no Estado de São Paulo). Ainda que voltada para Unidades de tratamento complementar (Tanques Sépticos), os usos acima classificados pela NBR 13969:1997, ou mesmo da Resolução N° 54/05, podem ser muitas vezes utilizados nas indústrias, e deverão ter dispositivos legais para não caracterizar o reuso como despejo irregular.



JUSTIFICATIVA PARA A BUSCA PELA PRÁTICA DO REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O principal fomento para a busca pelo reuso foi a necessidade de redução dos custos com transporte e tratamento de efluentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo, foram analisadas as bases históricas das características dos processos e das águas residuárias do empreendimento, observadas as análises operacionais internas do efluente, assim como análises realizadas em laboratórios externos devidamente credenciados e cujos parâmetros sejam acreditados conforme a NBR ISO/IEC 17025. Ao longo do desenvolvimento foram efetuadas análises do efluente a que se propõe a reutilização para fins não potáveis, de forma a ter um perfil desta água e comparar com um padrão adequado para o empreendimento, desenvolvido a partir de referências válidas, que permitisse atingir os objetivos propostos.

CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO

O estudo foi realizado em empresa do ramo alimentício de grande porte, com aproximadamente 600 colaboradores, produtora de chocolates em barras e tabletes e outros confeitos, localizada na Região Metropolitana de São Paulo, na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, limítrofe com municípios do Interior. Possui apenas uma unidade produtiva, com volume médio de produção mensal de 5.160 toneladas de seus produtos diversos, com exportação para mais de 30 países e em processo de expansão.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O efluente possui flutuações quanto ao seu fluxo e características físico-químicas, tendo como principais motivos, entre outros, a realização de *setup* por troca de produtos, ou seja, momento em que é necessário efetuar a higienização de tubulações, tanques e peças entre o processamento de tipos distintos de produtos.

PONTOS DE MAIOR GERAÇÃO DE EFLUENTES

Foram identificados os pontos de maior consumo de água e consequente geração de efluentes, de forma a se ter um perfil de consumo do recurso, sendo que dos 40 a 50m³ de efluente tratado por dia no empreendimento, o Restaurante gera 20.47%, a Sala de Lavagem



de Formas 1 gera 19.32%, a Linha Gel gera 10.10%, a Sala de Lavagem de Equipamentos gera 9.05% a Sala de Lavagem de Formas 2 gera 8.31%, a Torneira da Área Externa gera 4.49%, a Sala de Assepsia gera 0.58% e Outros Pontos (representam pontos de baixa geração de efluentes ou sem histórico de quantificação) geram 27.68%.

CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE E EFICIENCIA DO TRATAMENTO

Em termos de Carga Orgânica, a empresa gera em torno de 159,40 kg DBO_{5,20}/ dia e 239,38 kg DQO_{5,20}/dia, equivalente a uma população (Ep) de aproximadamente 2952 pessoas.

A eficiência média de remoção de DBO_{5,20} gira em torno de 87,3% e DQO em 85,7%, indicando uma Estação com aeração do tipo rápida/modificada, embora tenha sido projetada originalmente para ser de aeração convencional (90% - 95% de redução da DBO). Já com relação à Óleos e Graxas, há a redução de mais de 99%, demonstrando que o Flotador supera a eficiência apresentada pelo fornecedor (de 80 a 90%).

INSTALAÇÃO DO TRATAMENTO TERCIÁRIO

De forma melhorar a qualidade do efluente do Sistema Biológico e, possivelmente, se fazer o reuso, foi instalado um sistema Terciário, composto por filtros para o pé-polimento do efluente, com Areia e, logo após, com Carvão Ativo específico para remoção de carga orgânica, ambos com o propósito de reduzir as variações da Estação de Tratamento de Efluentes para então alimentar um módulo de membranas de Ultrafiltração. Há a dosagem de solução de Hipoclorito de Sódio para desinfecção e auxílio na oxidação da carga orgânica, antes do Filtro de Areia e também no tanque do permeado (efluente pós Ultrafiltração). Em caso de reuso, a previsão seria a recuperação de em torno de 70% a 80% do efluente tratado (permeado da membrana), o que representa em torno de 50,4% do efluente do tratamento Secundário, tendo o restante como destino o tratamento em terceiros, ainda assim, reduzindo em grande medida os valores gastos e justificando a aquisição dos novos equipamentos.

POSSIBILIDADES DE REUSO

Considerando usos pouco restritivos, que não representassem risco à Segurança de Alimentos, mas que ainda assim viabilizassem o reuso, foram deliberadas possibilidades, também citadas pela Resolução CNRH N° 54/05, pela Proposta da Resolução Conjunta



SES/SMA/SERHS de 2013, bem como pela Deliberação CRH N° 156/13 e pela NBR 13969:1997, como, por exemplo, a lavagem de pisos externos à área produtiva.

EM OUTROS SEGMENTOS

A formação de parceria com a Prefeitura Municipal, para utilização da água de reuso total ou parcialmente para irrigação de praças e jardins locais, lavagem de logradouros e calçadas (vias públicas) ou extinguir focos de incêndio e, utilização para controle de material particulado (poeira) em vias de servidão de pedra localizada próxima ao empreendimento estudado, são algumas das possibilidades de uso externo. Em função da grande movimentação de veículos pesados e pelo inexpressivo contato humano, bem como pelo volume de uso, tem-se este último como o uso mais viável, sanitariamente adequado e com bom fluxo.

RISCOS DO FORNECIMENTO DE ÁGUA DE REUSO

Embora tecnicamente haja a possibilidade logística, qualitativa, quantitativa e até viabilidade financeira para fornecer a água de reuso à usos externos ao empreendimento, persistem como entraves as questões legais, uma vez que esse fornecimento pode ser representado como “transferência” de efluente parcialmente tratado, com possibilidade de contaminação do solo, como no caso da irrigação de parques, jardins e áreas verdes, no controle de particulados e lavagem de vias públicas, ou o conseqüente lançamento em galerias de águas pluviais, todas estas vedadas pelas Licenças de Operação e pelo Decreto 8468/78. Outro agravante é a possibilidade da consideração de que tal “transferência” se caracterize como extensão da responsabilidade pelo contaminante, ou seja, tanto o produtor da água de reuso, como o usuário, seriam responsabilizados em caso de infração (corresponsabilidade) ambiental/sanitária. Os usos previstos não são contemplados legalmente como destinação final ambientalmente adequada de efluentes (corpo hídrico/rede pública dentro dos padrões legais), ou poderiam necessitar dos trâmites legais vigentes atualmente, com respectiva emissão de CADRI/Outorga, assim como a consideração de que o Usuário utilizaria o suposto efluente sob a condição do controle de poluentes (tendo que tratá-lo aos padrões adequados de lançamento, além de ser responsável por sua outorga gerando, em ambos os casos, custos e encargos legais) podendo, até mesmo, ter que adequar suas atividades pela consideração de ser receptor final de um efluente/resíduo.

IMPLICAÇÕES PARA A SEGURANÇA DE ALIMENTOS

Uma vez que, por exemplo, muitas áreas externas, como o pátio de acesso ou o passeio para o Refeitório e outras instalações, tem trânsito tanto de colaboradores do escritório, como da produção, há o risco de contaminação de vestimentas e riscos a saúde por meio do contato com a água de reuso por via respiratória, oral ou ocular, em função de dispersão da névoa de gotículas (*vapp*), podendo ser necessária a adoção de outro método de lavagem que não por pressão de água com conseqüente geração de névoas.

IMPLICAÇÕES PARA O MEIO AMBIENTE

Entre outros, a contaminação do solo e dano à vegetação, no caso de irrigação de jardins.

PADRÃO PROPOSTO PARA ÁGUA DE REUSO PARA FINS NÃO POTÁVEIS PARA O EMPREENDIMENTO ESTUDADO

Foram considerados os 80% de redução da carga orgânica, citados pelo Art. 18 do Decreto Estadual 8468/76, bem como os parâmetros Inorgânicos, exceto Sulfeto e Sulfato, os quais foram considerados os colocados pelo Art. 19A. Para Cromo Trivalente, foi adotado o limite do Art. 16, da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 430/11. Já para pH, Materiais Sedimentáveis e Sólidos Não Filtráveis, foram utilizados os valores da NBR 13969/97 para lançamento em galerias de águas pluviais – Tabela 5 (mais restritivos que o Decreto 8468/76 ou o Art. 16 da Resolução CONAMA Nº 430/11).

Para os parâmetros para assegurar a Saúde foram considerados parâmetros da NBR 13969/97, relacionados a seu Item 5.6.4 - “Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes” e da própria Portaria MS 2914/11 do Ministério da Saúde, quando adequado, dentre eles Coliformes Fecais/Termotolerantes, Cloro Residual Livre, Sólidos Dissolvidos Totais, Bactérias Heterotróficas, Dureza Total e Cloretos Totais, Nitrato e Nitrito. O limite para o Cloro Residual Livre foi determinado considerando a desinfecção, bem como o limite adequado para evitar danos à vegetação e a formação de compostos clorados prejudiciais (*United States Environmental Protection Agency - USEPA, 2004 e Crook, 1993*).

Outras referências foram consideradas, como os limites para água industrial (torres de resfriamento, caldeiras, etc.), os colocados pelo próprio Fornecedor da Ultrafiltração, bem como da empresa de saneamento local e outros constantes na literatura, além de parâmetros

para água potável (como da USEPA e MS 2914/11), podendo ser citados a Turbidez, Sólidos Suspensos Totais, DQO, Cloro Residual Total – CRT, Ferro Total, Fósforo Total, Coliformes Totais, *Escherichia coli*, Condutividade, Sílica, Alcalinidade Total, *Cryptosporidium (hominus e parvum)*, *Giardia (lamblia e intestinalis)* e *Salmonella*.

DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CRÍTICOS E FREQUENCIAS DE MONITORAMENTO

Considerando os riscos apresentados sobre o fornecimento da água de reuso em relação aos usos pretendidos e o histórico dos resultados analíticos conforme o padrão proposto, é possível definir os parâmetros significantes a serem monitorados operacionalmente, bem como a frequência de análise para que o sistema funcione adequadamente (NSW FOOD AUTHORITY, 2008).

Outra consideração são os altos custos envolvidos para realização das análises de todos os parâmetros do padrão proposto, em caso de não haver possibilidade do empreendimento realizá-las internamente, ou de haver a necessidade da acreditação dos parâmetros, tornando necessário a escolha dos parâmetros com maior criticidade de controle e excluindo ou reduzindo a frequência da análise de menos críticos ou com histórico de desvio inexistente.

Como parâmetros de controle operacional diário, são sugeridas as análises internas de Turbidez, Cloro Residual, DQO, pH, Temperatura e Sólidos Suspensos Totais, as quais não demandam um vasto conhecimento técnico ou tecnologias dispendiosas. Dos parâmetros microbiológicos, é recomendado o monitoramento, ao menos semanal, de Coliformes Totais, *E. Coli*, Bactérias Heterotróficas e Coliformes Fecais/Termotolerantes, por serem os mais críticos considerando a origem da água e sua geração e manipulação em uma indústria alimentícia. *Salmonella sp.*, *Cryptosporidium (hominus/parvum)* e *Giardia (lamblia/intestinalis)* são apresentados na literatura relacionados à água potável e, no caso de água de reuso, a ingestão é uma hipótese remota, não sendo considerados neste estudo, bem como outros parâmetros da Portaria MS 2914/11 que são demasiadamente restritivos (principalmente os Orgânicos), considerando as características e usos para os quais será destinada a água.

Os parâmetros em geral relacionados à água industrial utilizada em torres de resfriamento e para geração de vapor, como Sílica, Manganês (apenas), Alcalinidade Total e Cor não deverão ter atenção imediata para o monitoramento, considerando a necessidade de



adequações no sistema para instalação de método avançado de tratamento como a Osmose Reversa.

As frequências poderão diminuir caso ocorra a melhoria do sistema e atendimento ao padrão e deverão aumentar em caso de desvio em relação aos limites propostos, sendo necessário a correção imediata (NSW FOOD AUTHORITY, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após início da operação do Sistema Terciário, verificou-se que o efluente, de fato, obteve melhora significativa já após o pré-polimento (filtros de Areia e Carvão Ativo), reduzindo substancialmente os sólidos e a Turbidez de 178NTU, para 13NTU (aproximadamente 92,7%), dentro dos limites de alimentação da UF recomendados pelo fornecedor (<30NTU).

Embora a pré-filtragem houvesse auxiliado na redução de carga, foi observado a variação frequente na estabilidade do sistema, operacionalmente indicada através da variação da Turbidez, com picos muitas vezes fora do padrão, necessitando realizar paradas do tratamento terciário.

A instabilidade também foi verificada em termos de Carga Orgânica, representada pelas análises de DBO₅ e DQO, nas quais foi observado que a remoção foi abaixo do esperado, mesmo considerando o pré-polimento com carvão ativo específico para remoção de Carga e a própria membrana filtrante, girando em torno de 34,71% para DBO₅ e 11,39% para DQO, entre a Saída da ETE e a Saída da UF. O fator principal para tal deve-se a picos de carga na ETE, de forma a não ser possível converter toda a fração da matéria orgânica solúvel biodegradável e não biodegradável no reator biológico, as quais acabam passando pelos filtros e pela membrana.

Embora os resultados apresentem uma média significativa de redução da Carga Orgânica em termos de DBO₅ e DQO entre o efluente Bruto e o permeado da UF (acima de 80% de eficiência), em função das variações constantes, estes parâmetros, os Sólidos Dissolvidos Totais e Condutividade, continuam acima dos limites do padrão proposto, indicando a necessidade imediata de adequação do Sistema Biológico (Secundário).

Os demais parâmetros apresentaram resultados ótimos, em geral muito abaixo dos limites do padrão proposto, de forma que se enquadrariam com segurança dentro dos critérios sanitários e ambientais. Pode ser observado que os resultados dos parâmetros Microbiológicos, em geral mais críticos para a indústria alimentícia e nos usos operacionais,



estão notavelmente abaixo dos limites, equiparando-se aos da Portabilidade de Água (Portaria MS 2914/11), com Coliformes Totais, *E. Coli* e Coliformes Fecais (Termotolerantes) abaixo do limite de detecção do método, ou seja, Ausentes em 100ml, apresentando uma água com baixo risco de contaminação em caso de manipulação direta.

Os resultados conformes e não conformes apontam uma preocupação relacionada ao armazenamento da água nas condições atuais, pois, possuindo ainda uma Carga Orgânica dissolvida considerável, mesmo que ausente a presença de micro-organismos em função de sua retenção pelas membranas, estes podem vir a se proliferar no tanque de armazenamento do permeado, demandando higienização constante do reservatório e tubulações, um sistema de desinfecção eficaz e um fluxo contínuo de consumo da água, de forma a evitar seu armazenamento prolongado (por mais de 24 horas), com o consequente aumento da proliferação microbológica (MYSORE, 2012 e HESPANHOL *et al.*, 2013).

ADEQUAÇÕES DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA ATINGIR OS PADRÕES PARA REUSO PROPOSTOS

Foram feitas proposições de adequação, considerando-se a indisponibilidade de espaço físico e de *retrofit*, visando efetuar-las a custos reduzidos, mas de forma a atingirem os padrões propostos, como, por exemplo, a adequação de fluxos, implantação de sistema físico-químico complementar e redução de sólidos.

CONCLUSÃO

A partir da proposta do trabalho e relacionando-a aos objetivos e aos resultados apresentados, as seguintes conclusões podem ser tomadas:

Os objetivos do estudo foram alcançados, identificando as oportunidades para redução da geração dos efluentes e seus custos relacionados, e principalmente, formas de reuso viáveis, adequadas e seguras para as atividades. Viáveis no momento em que são apresentados os riscos relacionados e, a partir da análise destes, configurado um padrão aplicável para a empresa estudada, ou mesmo para o ramo industrial, desde que tomados os cuidados necessários nas formas de tratamento, armazenagem, distribuição e monitoramento da água de reuso, garantindo a Segurança de Alimentos, preservação da qualidade Ambiental e Saúde Pública.

Os resultados das análises sugerem que o atual sistema de tratamento de efluentes promove uma ótima qualidade de tratamento, segura para manipulação na indústria



alimentícia e em outros setores, para os usos propostos, demandando apenas adequações, no caso da carga orgânica, para que garanta seu uso mais extensivo.

A redução prevista de 50,4% dos efluentes gerados vertidos para o reuso interno e externo, representaria economia de um montante aproximado de R\$ 251.312,33 por ano, apenas com transporte e tratamento terceiros, considerando o aproveitamento total do reuso.

Uma vez sendo a prática do reuso de efluentes no setor estudado ainda pouco disseminada e carente de padrões seguros, bem como de legislação específica, há uma gama de oportunidades para estudos futuros, que poderão contribuir de forma enfática para a melhoria dos processos industriais e de tratamento de águas e efluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 13969 – Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.* Rio de Janeiro: ABNT, set. 1997.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. Resolução N° 54, de 28 de Novembro de 2005 - Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde – MS. Portaria 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 – Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria N° 326, de 30 de Julho de 1997 - aprova o Regulamento Técnico denominado "Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos". Brasília, 1997.

BRASIL. Projeto de Lei N° 5296/2005 - Institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico - PNS. Brasília, 2005.



CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (FAO/WHO). *Codex Committee on Food Hygiene – Proposed Draft Guidelines for Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants.* Thirty-fourth Session. Bangkok, Thailand, 2001.

CROOK, J. *Water Reclamation and Reuse, Chapter 21 of Water Resources Handbook.* Larry W. Mays, McGraw-Hill, 1996. p. 21.1 – 21.36.

FEDERAÇÃO E CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP \ CIESP. *Manual Orientações para a Conservação e o Reuso de Água no Setor Industrial,* Volume 1, 2004.

FERNANDES, V. M. C. *Padrões para Reuso de Águas Residuárias em Ambientes Urbanos.* Passo Fundo – RS, 2009.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; SUBTIL, E. L. II-453 – Avaliação de Desempenho de um biorreator com membranas submersas para o tratamento de esgotos sanitários visando o reuso de água. 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – Saneamento, Ambiente e Sociedade entre a Gestão, a Política e a Tecnologia - ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Goiânia-GO. Pag.:06 e 08, 2013.

MATSUMURA, E. M. *Perspectivas para Conservação e Reuso de Água na Indústria de Alimentos – Estudo de Uma Unidade de Processamento de Frangos.* São Paulo, 2007.

NSW – NEW SOUTH WALES FOOD AUTHORITY. *Water reuse guideline – For food businesses in NSW considering reusing water.* NSW/FA/FI023/0805, Version 1, p. 5-8, Austrália, 12 de Maio de 2008.

MYSORE, C. *Efluente tratado por membranas filtrantes e o impacto no processo de desinfecção.* CONGRESSO WEFTEC, Nova Orleans, EUA, 2012 *apud* WAELKENS, 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Nº 50.667** de 30 de Março de 2006 - Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. São Paulo, 2006.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Nº 56.503,** de 9 de Dezembro de 2010 - Aprova e fixa os valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. São Paulo, 2010.



SÃO PAULO (Estado). Decreto N° 8.468, de 08 de Setembro de 1976 – Aprova o Regulamento da Lei N° 997, de 31 de Maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. São Paulo, 1976.

SÃO PAULO (Estado). Deliberação N° 156 de 11 de Dezembro de 2013 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos - Estabelece diretrizes para o reuso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) de sistemas públicos para fins urbanos e dá outras providências, no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH. São Paulo, 2013.

SÃO PAULO (Estado). Lei N° 12.183 de 29 de Dezembro de 2005 - Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências. São Paulo, 2005.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. *Guidelines for Water Reuse* – EPA/625/R-04/108. Municipal Support Division – Office of Wastewater Management – Office of Water. Washington, DC. 2004

WHO/UNEP - World Health Organization / United Nations Environment Programme. *Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management – Principles, Chapter 4** - *Wastewater as a Resource*. The Water Supply & Sanitation Collaborative Council, 1997.