

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DO POLÍMERO
VETA ORGANIC NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA DE UMA USINA HIDRELÉTRICA LOCALIZADA
NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Guilherme Todt Cardoso de Faro

Orientador: Prof. Dr. Fernando Soares P. Sant'anna

2011/2



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

Guilherme Todt Cardoso de Faro

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DO POLÍMERO *VETA
ORGANIC* NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE
UMA USINA HIDRELÉTRICA LOCALIZADA NA REGIÃO
AMAZÔNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte dos
requisitos necessários para conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental. Sob a
orientação do Professor Fernando
Soares Pinto

Florianópolis-SC
2011

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

A ficha catalográfica é confeccionada pela Biblioteca Central.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO USO DO POLÍMERO VETA ORGANIC NA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA DE UMA USINA HIDRELÉTRICA LOCALIZADA NA REGIÃO
AMAZÔNICA**

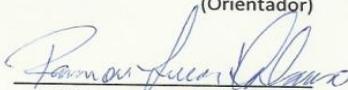
GUILHERME TODT CARDOSO DE FARO

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental–TCC II

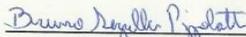
BANCA EXAMINADORA :



Prof. Fernando Soares Pinto Sant'anna, Dr.
(Orientador)



Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.
(Membro da Banca)



Doutorando Bruno Segalla Pizzolatti
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2011

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Departamento, pelos conhecimentos e paciência. Em especial ao professor Fernando, pela orientação, amizade, tempo e mais paciência ainda.

Aos engenheiros Nelson, Thaysa e Anelisa, pelo estágio e projeto concedido, no qual este trabalho foi baseado.

Aos amigos de Floripa: Bernardo, Rafael, Márcio, Gean, Artur, Felipe, Vitor, Lucas, pelas risadas durante a faculdade.

Aos amigos de Aracaju: Adonis, Eduardo, Leonardo, Hilton, Max, Hyder, Marcos, Yves, pelo companheirismo de sempre.

À família de Floripa: Gustavo e Filipe, por terem sido irmãos nesta caminhada.

Aos avós, pela sabedoria e incentivo.

A Amanda, pelo carinho e apoio incondicionais.

Aos meus pais, Zio e Lôra, e irmã, Luiza, por tudo.

RESUMO

A construção de usinas hidrelétricas no Rio Madeira, estado de Rondônia, foi concebida de forma a atender a crescente demanda de energia elétrica no País, numa região com inúmeros desafios sociais e ambientais. Localizado na região amazônica, com grande visibilidade nacional e internacional, a construção de uma obra deste porte se torna um projeto desafiador nos aspectos ambientais. Desta forma, desde a fase de concepção, foram implantadas uma série de programas e atividades de monitoramento, controle e mitigação de impactos. Como foco deste trabalho será apresentado o sistema ecológico implantado para o tratamento da água para abastecimento no canteiro de obras, que se destacou pela: inovação, redução de custos, atendimento aos requisitos legais e disseminação do projeto para várias cidades do estado de Rondônia. Foi desenvolvido um projeto sustentável através de reagentes orgânicos, comercialmente chamado de Veta Organic. Um composto a base de tanino extraído da casca da acácia negra, que substitui o sulfato de alumínio muito utilizado em tratamentos de água convencionais. Sendo um reagente orgânico, foi viabilizada a utilização do lodo gerado na descarga de fundo dos decantadores e retrolavagem dos filtros das estações de tratamento, como um rico adubo na recuperação das áreas degradadas do canteiro de obras. O sistema de tratamento de lodo é feito através de geofôrmas HaTe® Tube que condicionam o efluente da retrolavagem e da descarga de fundo, retornando a água já tratada para os reservatórios de água industrial e acumulando o lodo para futura desidratação e aplicação. A implantação do sistema reduziu em 65% os gastos com o tratamento de água, e vem gerando o aproveitamento de 415.000 litros/dia de água, podendo chegar a 600.000 l/dia em seu funcionamento total.

Palavras-chave: tratamento de água, lodo de retrolavagem, coagulantes orgânicos, redução de custos.

ABSTRACT

The construction of hydroelectric plants in Madeira River (Rondonia), a region full of social and environmental challenges, has been conceived in order to attend the increasing demand of electrical energy in Brazil. Sited in the Amazon forest, with great national and international visibility, the construction of this huge facility becomes a challenging project in environmental aspects. Therefore, a series of programs and monitoring activities, as well as mechanisms of controlling and mitigating environmental impacts, have been implemented since the earliest phases of the project. This paper will focus on the ecological system that was implemented in the water treatment process of the construction site, which has come up with the following characteristics to emphasize: innovation, cutback of expenses, legal requirements attendance, and dissemination of the project to other cities. It has been developed a sustainable treatment system through organic reagents, commercially known as Veta Organic. A tannin-based compound, extracted from a tree called black acacia. This coagulant substitutes the commonly and mostly used in conventional water treatment plants: aluminum sulfate, which may cause severe damages towards the nature when its wastes are not well managed. As Veta is a organic coagulant, the sludge originated from the retro washing of filters and decanters got able to be used as a rich organic compost in the degraded area recovery program of the construction site. The sludge treatment system works with HaTe® Tube, a geosynthetic membrane that keep retro washing effluent, only allowing the liquid part, already treated water, to come out. This water is collected and sent to the industrial water storage tanks. This treatment system has reduced in about 65% the costs with the treatment, and has been allowing the reuse of 415.000 liters of water per day. The maximum reuse rate can reach 600.000 liters per day when the system is fully working.

Keywords: water treatment, retro washing sludge, organic coagulant, cutback of expenses.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
2.3 Justificativa	19
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1 Desenvolvimento sustentável	20
3.2 Gestão Ambiental	22
3.3 Aspectos e Impactos Ambientais	24
3.4 Tratamento de água de abastecimento	26
3.5 Reagentes para coagulação: Sulfato de alumínio e Veta Organic (BWE).....	30
3.6 Tratamento de lodo: Geofôrmas HaTe® Tube HUESKER	35
4. METODOLOGIA	38
4.1 Implantação das melhorias no sistema de tratamento de água. 39	
4.2 Desenvolvimento do trabalho	44
4.3 Equipamentos e insumos utilizados	44
4.4 Caracterização da água do Córrego São Domingos	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5.1 Comentários	63
6. CONCLUSÃO	65
6.1 Recomendações.....	66
REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O projeto de construção da usina de Santo Antônio começou a ser desenvolvido em 2001, com a realização de estudos geológicos e de engenharia para identificação do local mais apropriado para sua instalação, bem como a tecnologia de geração de energia indicada para o rio Madeira e de menor impacto para as comunidades e a biodiversidade amazônica.

Respondendo ao desafio de construir com sustentabilidade, em meio à Amazônia Legal, a Usina Santo Antônio está sendo construída dentro de um novo paradigma, que tem como suporte o respeito necessário às populações locais e ao meio ambiente. Dando suporte a estes desafios, a gestão ambiental da construção civil da obra atua como parte integrante de um sistema de gestão integrada, chamado de Programa Integrado de Saúde, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente (PI-SSTMA) que visa, de maneira geral, implementar as ações e compromissos estabelecidos na Política de SSTMA do consórcio construtor, assim descritos:

- Cumprimento dos marcos legais e de outros requisitos aplicáveis;
- Gerenciamento adequado dos aspectos ambientais, dos perigos e riscos à segurança e saúde, com objetivos e metas;
- Melhoria contínua dos resultados com ênfase na ação preventiva em saúde ocupacional, segurança no trabalho e meio ambiente;
- Desempenho empresarial sócio e ambientalmente sustentável.

A metodologia de implantação do Sistema de Gestão Ambiental seguida pelo Setor de Meio Ambiente da UHE Santo Antônio é baseada na organização proposta pelo ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), apresentando estratégias utilizadas para permear por toda população de trabalhadores, desde a etapa de projeto até a desmobilização do canteiro, os princípios da política de Gestão Integrada, os aspectos e impactos ambientais relacionados às atividades das frentes de serviço e os procedimentos aplicáveis. A busca pelo menor impacto ambiental levou a Santo Antônio Energia a optar por tecnologias inovadoras, como é o caso do sistema de tratamento de água avaliado neste trabalho.

O tratamento de água no canteiro de obras da UHE Santo Antônio é realizado através de um sistema compacto formado pela casa química, onde se faz a mistura dos reagentes utilizados, um floculador/decantador e um filtro ascendente. O sistema possui uma capacidade de tratamento

de 560 m³/h de água, sendo 400 m³/h de água industrial e 160 m³/h de água potável.

Como na maioria dos tratamentos de água no país, o reagente utilizado no tratamento da água era o sulfato de alumínio, reagente químico que era descartado no meio ambiente com o lodo proveniente das descargas de fundo do decantador e das retrolavagens do filtro. Por ser um metal, o alumínio é de difícil degradabilidade, e quando descartado no meio ambiente pode causar sérios prejuízos à fauna local e a seu meio. Eram descartados em média 415.000 litros/dia de lodo proveniente das retrolavagens.

Com a necessidade de realizar um tratamento sem descartes de resíduos que pudessem prejudicar o meio ambiente e gerar também um efluente que pudesse ser reaproveitado, o sulfato de alumínio foi substituído por um reagente orgânico: um polieletrólito catiônico de baixo peso molecular produzido a partir do tanino extraído da casca da acácia negra.

A origem do projeto e idéias incorporadas teve como fundamento, o compromisso dos responsáveis pelo empreendimento em construir com sustentabilidade, utilizando uma grande obra com peculiaridades desafiadoras, como uma prova de que é possível trazer o desenvolvimento industrial diminuindo os prejuízos ambientais e promovendo o conceito sustentável. A partir destas premissas, a busca em atender às necessidades do cliente, bancos financiadores, parceiros da construção e sociedade local, os condicionantes legais do empreendimento, e também o processo de melhoria contínua atrelado à Certificação Ambiental ISO 14001 obtida pela obra, foram realizadas pesquisas com fornecedores e aplicações de novas tecnologias em sistemas de tratamentos de água. Em resposta a esta pesquisa foi obtida como fonte inicial a ETE da cidade de Uberlândia, para o sistema de tratamento de lodo através das geofôrmas HaTe® Tube HUESKER e ETA de Novo Hamburgo – RS para o uso do coagulante orgânico Veta Organic.

O trabalho inicial se deu através da visita técnica dos fornecedores dos produtos em destaque, sendo realizados ensaios *in loco* de coagulação, floculação, compatibilidade iônica do reagente com a água captada e o lodo gerado, e permeabilidade da solução na geofôrma.

Após a implantação do projeto, os efluentes gerados da descarga de fundo dos decantadores e da retrolavagem dos filtros passaram a ser recirculados para os tanques de armazenamento de água bruta, quando a ETA é somente de abastecimento de água potável, (Figura 1) e recirculados para os tanques de água industrial já tratada, quando as

ETAs potável e industrial estão próximas (Figura 2), após passar por um sistema de tratamento de lodo formado por geofôrmas; bolsões porosos que retém o lodo em seu interior, liberando água limpa. Este sistema diminuiu a captação de recursos naturais e o gasto com outros materiais (água, energia elétrica, óleo diesel das bombas), conforme fluxograma abaixo:

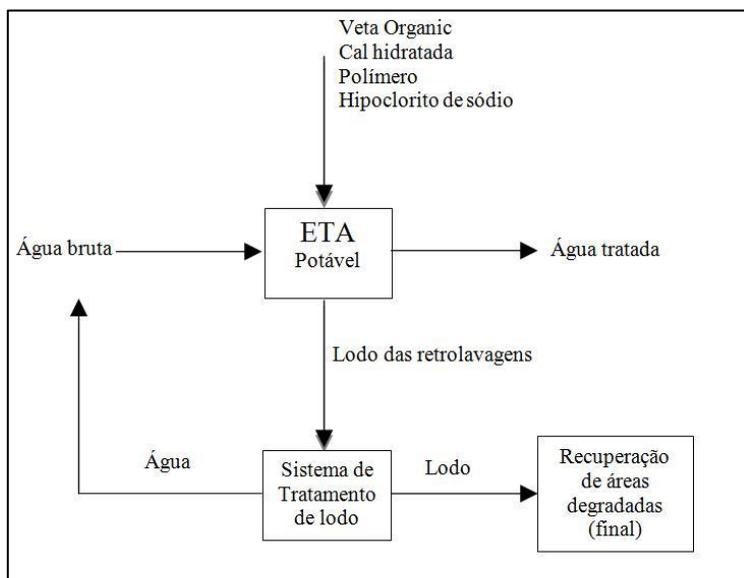


Figura 1: Fluxograma ETA 20m³/h

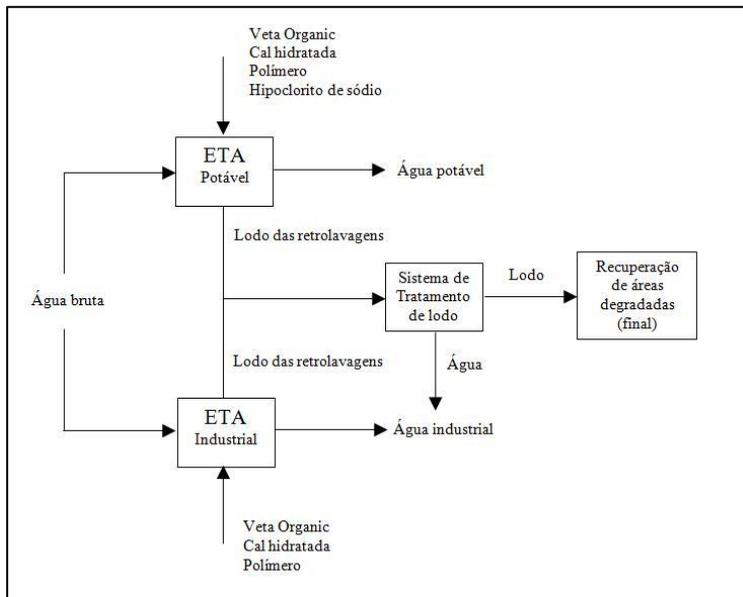


Figura 2: Fluxograma ETA Industrial

Todas as ETAs do canteiro de obras possuem agora o sistema de tratamento de lodo e coagulação através de reagentes orgânicos, caracterizando um sistema fechado sem descarte de resíduos ou efluentes, o que proporcionou:

- Redução nos custos de reagentes na ordem de 60%;
- Diminuição da captação de água;
- Segurança operacional da equipe por manipulação de reagentes orgânicos;
- Reutilização da água que seria descartada no lodo;
- Utilização do adubo gerado na secagem de lodo das retrolavagens dos filtros para a recuperação das áreas degradadas do canteiro de obras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Realizar uma avaliação econômica da substituição do coagulante sulfato de alumínio pelo reagente orgânico Veta Organic no sistema de tratamento de água do canteiro de obras de uma usina hidrelétrica do Rio Madeira, localizada na Amazônia brasileira.

2.2 Objetivos específicos

- Levantar as quantidades de reagentes necessárias para o tratamento da água antes e após a substituição do coagulante sulfato de alumínio pelo coagulante orgânico Veta Organic;
- Quantificar financeiramente os ganhos obtidos com a mudança dos reagentes de coagulação da água a ser tratada;
- Avaliar os resultados da mudança dos coagulantes e da implantação do sistema de tratamento de lodo pelo viés ambiental;

2.3 Justificativa

- Desenvolver um trabalho detalhado de avaliação financeira e dos ganhos ambientais da troca dos coagulantes e da implantação do sistema de tratamento de lodo no canteiro de obras da UHE Santo Antônio.

3. FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Desenvolvimento sustentável

No início da década de 1980, a ONU retomava o debate sobre as questões ambientais com a formação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, e indicava a primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland para seu cargo chefe, que em 1987 veio a definir, perante a Assembleia Geral da ONU, o desenvolvimento sustentável como um “conceito político”, um “conceito amplo para o progresso econômico e social (VEIGA, 2008). No documento apresentado por esta Comissão, o chamado “Nosso Futuro Comum” ou “Relatório Brundtland”, estavam definidas e articuladas as noções do desenvolvimento sustentável e de uma nova ordem econômica internacional, a partir de dois conceitos-chave: de um lado a questão das necessidades básicas dos mais pobres, a quem deve-se dar prioridade, defendendo-se um desenvolvimento global mais justo. Do outro, a idéia de limitações impostas pelo avanço tecnológico e pelas formas de organização social sobre a capacidade do meio ambiente de atender as necessidades atuais e futuras.

O relatório *Nosso Futuro Comum* alertava para uma urgência quanto às medidas a serem tomadas pelas nações do planeta, e foi discutido detalhadamente em duas conferências mundiais (Londres 1987 e Milão 1988), tendo influenciado profundamente o debate ambiental global e a Política Ambiental Internacional (RAMOS, 2009).

De acordo com o Relatório Brundtland (1987), o desenvolvimento sustentável é definido desta forma, no documento apresentado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: a forma de desenvolvimento que provê as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de prover suas próprias necessidades. O legado internacional e a necessidade de limitar o desenvolvimento a apenas o que seja estritamente necessário são os elementos-chave desta definição, isto é, evitar problemas no futuro e o desperdício de recursos (MAWHINNEY, 2002).

Na mesma linha, Stake (1991) amplia o conceito, e trata o desenvolvimento sustentável como a forma de desenvolvimento que leva em consideração fatores sociais, ecológicos, assim como econômicos; as bases dos recursos vivos e não-vivos; as vantagens e desvantagens de ações; alternativas a longo e curto prazo. No plano social estão englobadas questões de moradia, educação, lazer e saúde; no econômico, a produção, o acesso aos bens de consumos, emprego,

etc.; e no ecológico, estão compreendidas as necessidades de preservação e manutenção do meio ambiente natural.

Explicitando também as dimensões sócio-econômicas e ecológicas, Buarque (2008) traz uma releitura do conceito de desenvolvimento sustentável mais atual, e que nos remete aos ideais de desenvolvimento global mais justo, presentes no Relatório Brundtland: “o desenvolvimento sustentável é o processo de mudança social e elevação das oportunidades da sociedade, compatibilizando, no tempo e no espaço, o crescimento e a eficiência econômicos, a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social, partindo de um claro compromisso com o futuro e a solidariedade entre gerações.”

Dentro deste conceito, estão contidos três grandes conjuntos interligados e com características e papéis distintos no processo de desenvolvimento: a elevação da qualidade de vida e a equidade social, constituindo objetivos centrais do modelo de desenvolvimento, orientação e propósito final de todo esforço de desenvolvimento a curto, médio e longo prazo. A eficiência e o crescimento econômico, constituindo pré-requisitos fundamentais, sem os quais não é possível elevar a qualidade de vida com equidade, de forma sustentável e continuada. E por fim, a conservação ambiental, que atua como um condicionante decisivo da sustentabilidade do desenvolvimento e de sua perpetuação, sem o qual não é possível assegurar a qualidade de vida para as futuras gerações e a equidade social de forma sustentável no tempo e no espaço (BUARQUE, 2008).

Do desenvolvimento sustentável derivou então a *sustentabilidade*, que é um conceito fundamentado num tripé de sustentação igualitária de bases econômica, ambiental e social. A *sustentabilidade* trata então da capacidade de um sistema em desenvolver-se em harmonia com o meio ambiente, respeitando o bem-estar social e a preservação cultural.

Tendo a temática ambiental ganhado um importante espaço no mercado econômico global com legislações ambientais mais rígidas e com os próprios requisitos de mercado atuais, o desenvolvimento sustentável passou a figurar de maneira marcante nas filosofias empresariais das mais diversas empresas de produção de bens e/ou serviços. Sendo assim surgiu a necessidade do advento de ferramentas que pudessem inserir os conceitos da sustentabilidade e gerenciá-los eficientemente neste cenário econômico, e a gestão do meio ambiente, ou simplesmente gestão ambiental, aparece como uma destas ferramentas.

3.2 Gestão Ambiental

O conceito de meio ambiente é importante para que se possa compreender melhor o significado do termo “gestão ambiental”. Segundo Emídio (2006), duas podem ser as maneiras de se enxergar o meio ambiente, uma apenas restringindo-se a fatores de ordem natural, e a outra, que reflete uma concepção atualizada, considera o meio ambiente um sistema no qual interagem fatores de ordem física, biológica, socioeconômica e cultural. Estas duas perspectivas são expressas da seguinte forma:

- Visão estrita: o meio ambiente é a expressão do patrimônio natural e das relações entre os seres vivos, deixando de lado tudo que não esteja relacionado com os recursos naturais.
- Visão ampla: o meio ambiente abarca toda a natureza original e os elementos artificiais, incluindo os bens culturais e correlatos; ou seja, há o ambiente natural ou físico, constituído por solo, água, ar, fauna e flora; e o ambiente artificial, formado por edificações e equipamentos, representando tanto os assentamentos urbanísticos, quanto as demais intervenções e alterações produzidas pelo homem.

Neste contexto, a gestão do meio ambiente, ou simplesmente gestão ambiental são entendidas como as diretrizes e as atividades administrativas e operacionais, tais como, planejamento, direção, controle, alocação de recursos e outras realizadas com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente; quer reduzindo ou eliminando os danos ou problemas causados pelas ações humanas, quer evitando que eles surjam (BARBIERI, 2004).

A ABNT, pela Norma ISO 14001 de 2004, define um sistema de gestão ambiental como a parte de um sistema de gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implementar seus princípios gerais e intenções em relação ao meio ambiente, conforme estabelecido pela Alta Administração (política ambiental) e para gerenciar seus aspectos ambientais, ou seja, os elementos de suas atividades, produtos ou serviços que podem acarretar em interferências no meio ambiente.

Viterbo Júnior (1998) refere-se à gestão ambiental como a forma de uma organização administrar as relações entre suas atividades e o meio ambiente que as abriga, observando as expectativas das partes interessadas. Ou seja, a gestão do meio ambiente é a parte da gestão pela “qualidade total” da organização. Dentro deste contexto, é importante ressaltar que o foco da dita “gestão ambiental” é a empresa, e não o meio ambiente em si. Isso porque somente através de melhorias em

produtos, processos e serviços é que serão obtidas reduções nos impactos ambientais causados por estas empresas.

Através da ótica em que o meio ambiente é definido da maneira mais ampla, a gestão ambiental foi muito bem definida por Andrade, Takeshy e Carvalho (2000) da seguinte forma: é um processo adaptativo e contínuo, através do qual as organizações definem, e redefinem seus objetivos e metas relacionados à proteção do ambiente, à saúde de seus empregados, bem como clientes e comunidade, além de selecionar estratégias e meios para atingir estes objetivos num tempo determinado através de constante avaliação de sua interação com o meio ambiente externo

Esta última definição faz uma importante interseção com a própria concepção da NBR ISO 14001, já citada anteriormente, que prevê uma melhoria contínua da organização em relação ao seu desempenho ambiental, quando explicita que a gestão ambiental é um processo contínuo e adaptativo, que passa por definições e redefinições de objetivos e metas em relação à proteção do meio ambiente.

No cenário brasileiro, os projetos hidrelétricos assumem especial importância haja vista que “a hidroeletricidade é a base do suprimento energético do Brasil” (MÜLLER, 1995), tratando-se, na maioria dos casos de hidrelétricas de grande porte situadas a grande distância dos centros consumidores.

As obras hidrelétricas, de uma forma geral, produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido na alocação da obra. Os impactos mais significativos e complexos ocorrem nas fases de construção e de operação da usina, os quais poderão afetar o andamento das próprias obras.

Os empreendimentos hidrelétricos inserem-se dentro do interesse coletivo de uma sociedade por elevar, através da oferta de energia, a qualidade de vida da população. No entanto, além dos benefícios energéticos devem ser considerados os efeitos prejudiciais do empreendimento. Conforme o “Manual de Gestion Ambiental para Obras Hidraulicas de Aprovechamiento”, (REVORA, 1987), os projetos hidrelétricos devem ter como objetivo elevar a qualidade de vida da população promovendo o uso racional e sustentável do recurso. Para isso, a gestão ambiental deve começar nas fases iniciais do projeto, passando pela etapa de construção e continuar ao longo da vida útil da usina; a fim de minimizar os efeitos negativos e maximizar os benefícios do empreendimento.

A gestão ambiental também pode contribuir para melhorar o *design* e funcionalidade da obra, contribuindo para a redução de seus custos globais, minimizando imprevistos, atenuando conflitos e ajudando na preservação da obra e do meio ambiente.

As usinas hidrelétricas são empreendimentos planejados para um horizonte de tempo longo. São frequentes as hidrelétricas que ultrapassam algumas gerações, funcionando com interrupções apenas de manutenção. A energia hidrelétrica é um dos sistemas que se enquadram nos conceitos de operação ou desenvolvimento sustentável. No entanto, os impactos e conseqüências também devem ser sustentáveis. “Ainda que a geração hidrelétrica seja sustentável, algumas regiões atingidas para que ela fosse gerada tiveram, em lugar de desenvolvimento, retrocesso insustentável”. (MÜLLER, 1995).

3.3 Aspectos e Impactos Ambientais

Os aspectos ambientais são todos os elementos das atividades de uma organização, seus produtos ou serviços, que podem interagir com o meio ambiente, e os impactos correspondem às mudanças do meio ambiente decorrentes das atividades, produtos ou serviços da organização (NBR ISO 14001, 2004).

Para Viterbo Júnior (1998), numa linguagem mais pragmática, aspecto ambiental significa “potencial impacto ambiental”, como por exemplo a emissão de poluentes abaixo dos limites da legislação, as eventuais paradas de equipamentos de controle de poluição, o uso impróprio de produtos, etc. Os aspectos podem ser classificados em dois grupos: os que possuem relação direta com a legislação e regulamentos aplicáveis, e os não-regulamentados.

A Norma ISO 14001:2004 explicita que devem ser determinados aspectos ambientais que possuam impactos significativos, os quais devem ser mantidos atualizados e considerados para efeito de estruturação do sistema de gestão ambiental. A identificação dos aspectos ambientais permite à organização caracterizar os riscos de suas atividades, produtos ou serviços provocarem acidentes ambientais. O grau de significância pode estar relacionado com: a gravidade do efeito, a probabilidade de ocorrência, o nível de risco, a existência de legislação aplicável, a existência de reclamação de partes interessadas. O processo deve levar em consideração não somente situações normais de operação, mas também as situações anormais, de parada, de partida, e emergências.

De maneira simples, Canter (1977) define um impacto ambiental como qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico,

biológico, cultural e sócio-econômico que possa ser atribuída a atividades humanas relativas às alternativas em estudo para satisfazer as necessidades de um projeto.

Para Tauk (2008), impacto ambiental é a alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade. Estas alterações precisam ser quantificadas, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas. O objetivo de se estudar os impactos ambientais é, principalmente, o de avaliar as conseqüências de algumas ações, para que possa haver a prevenção da qualidade de determinado ambiente que poderá sofrer a execução de certos projetos ou ações, ou logo após a implementação dos mesmos.

É através da Política Ambiental da organização, que determina a condução de suas atividades, voltando-se para a preservação do solo, ar, água, vegetação e vida animal, que são propostos os planos de contingência para a minimização dos impactos ambientais. A responsabilidade social da organização em relação ao meio ambiente consiste no desenvolvimento de suas atividades, satisfazendo as necessidades dos consumidores e dos demais grupos envolvidos, elevando a qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduz os impactos ambientais de seus processos. No cenário atual de preocupação crescente com as questões ambientais, é através da minimização destes impactos que uma empresa torna-se mais eficiente e competitiva no mercado (PINTO, 2003).

O impacto ambiental de uma atividade pode ser visto como parte de uma relação de causa e efeito. Do ponto de vista analítico, o impacto ambiental pode ser considerado como a diferença entre as condições ambientais que existiriam com a implantação de um projeto proposto e as condições ambientais que existiriam sem essa ação. (DIEFFY, 1975) Nesta linha, surge a necessidade de se responder eficazmente ao problema dos impactos ambientais provocados pelas organizações produtoras de bens e serviços, o que vem levando à priorização de ações que visam à minimização da geração de resíduos ou mesmo de não gerá-los. A prevenção da poluição encontra seu espaço, pois a aplicação de metodologias, como a Produção Mais Limpa, possibilita a redução do consumo de matérias-primas, água e energia, procurando agregar valor e reincorporar resíduos e efluentes dentro do próprio processo produtivo, deixando sistemas de tratamento e disposição final como últimos a serem considerados, diminuindo assim custos, e tornando os sistemas de gestão ambiental mais atrativos às organizações (ANTUNES, PEREIRA JÚNIOR e EBOLE, 2006).

3.4 Tratamento de água de abastecimento

Na lista das grandes heranças ameaçadas estão a cobertura vegetal do planeta, o solo agrícola, a biodiversidade, a água e o próprio ar. A água é vital e está se tornando um elemento-chave da questão ambiental: sua ausência, ou contaminação, leva à redução dos espaços de vida e ocasiona, além de imensos custos humanos, uma perda global de produtividade social (DOWBOR, TAGNIN, 2005).

De acordo com Mierzwa *et al.* (2008), em decorrência do elevado nível de urbanização, o tratamento de água para abastecimento público passa a ser um desafio, seja pelos grandes volumes de água envolvidos, restrições de área para instalação dos sistemas de tratamento tradicionalmente utilizados e também devido à degradação da qualidade da água dos mananciais disponíveis. Estas condições têm conduzido à busca de alternativas que possibilitem garantir a qualidade da água produzida para abastecimento público.

O tratamento de água foi inicialmente concebido como uma parte constitutiva de sistemas públicos de abastecimento de água, tendo por objetivo principal o fornecimento de água esteticamente adequada, ou seja, com boa clarificação, ao consumo humano. Até o início do Século XX, a única operação unitária componente das estações de tratamento era a etapa de filtração, que tinha por objetivo principal a remoção de partículas coloidais que pudessem trazer prejuízos a sua aceitabilidade pela população.

No entanto, com a consolidação da Revolução Industrial e surgimento dos grandes conglomerados urbanos e advento da Primeira Guerra Mundial, com conseqüente desenvolvimento da indústria química mundial, novos quesitos de qualidade passaram a ser impostos para águas de abastecimento, ressaltando-se o controle das concentrações de compostos químicos orgânicos e inorgânicos que pudessem causar danos à saúde humana (FERREIRA FILHO, ALVES, 2006).

Zilberman (1997) diz que ao estudar esta parte da engenharia sanitária e ambiental, toma-se conhecimento de temas relativos à química das águas, cinéticas das reações, qualidade de água e seus padrões, sistemas de tratamento e classificação das águas. E ressalta também a importância da forma como será administrado todo o sistema de abastecimento, desde a tomada de água até a distribuição ao ponto de consumo final, sem se esquecer da destinação de seus resíduos gerados.

Para Rebouças, Braga e Tundisi (2006) cabe também aos tomadores de decisão e engenheiros sanitaristas o conhecimento e a

necessidade de considerar a gestão dos riscos e doenças associados ao abastecimento de água para consumo, e as conseqüências que provocam a curto e médio prazo sobre a saúde pública dos consumidores. Vide principalmente o cenário dos países em estágio de desenvolvimento e, mesmo em grandes regiões menos favorecidas de países em franco estágio de expansão industrial, como Brasil e a Índia, já que a situação é bastante problemática, onde:

- O povo é, geralmente, muito pobre para pagar pelo abastecimento domiciliar de água segura;
- As agências de financiamento que proporcionam fundos para os sistemas de distribuição requerem evidências dos benefícios de saúde pública, que serão auferidos, uma vez que não podem esperar por retornos econômicos significativos;
- Os fundos disponíveis não são, geralmente, suficientes para proporcionar abastecimento adequado, redundando em sistemas de distribuição que não atendem aos requisitos mínimos de qualidade de água distribuída, em sistemas de distribuição intermitentes, ou mesmo em sistemas que privilegiam apenas uma parte minoritária da população
- As doenças transmitidas pela água são muito mais numerosas, importantes e mais diversificadas do que nos países temperados, tornando mais complexos os efeitos proporcionados por uma distribuição inadequada.

Já nos países desenvolvidos do hemisfério norte, por exemplo, as tarifas praticadas no suprimento contínuo são substancialmente pequenas em relação às rendas médias obtidas pela população. Nesse sentido, a gestão de saúde pública não necessita ser considerada de maneira crítica no que tange aos aspectos econômicos envolvidos, podendo a água ser fornecida num nível de qualidade no qual os riscos de doenças são mantidos a valores mínimos (REBOUÇAS, BRAGA, TUNDISI, 2006).

Neste novo cenário mundial, dos conglomerados urbanos e do desenvolvimento industrial e tecnológico, como citou Ferreira Filho e Alves (2006), novas técnicas de tratamento e operações unitárias passaram a ser incorporada no tratamento de água, ressaltando-se os processos de oxidação química, adsorção, arraste com ar e, mais recentemente, processos de membrana: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa (Montgomery, 2005). Embora a adoção destas tecnologias de tratamento tenha sido incorporada em função do estabelecimento de padrões de potabilidade cada vez mais restritivos,

novos quesitos foram impostos com respeito aos padrões estéticos mínimos exigidos para uma água de abastecimento, dentre estes, a ausência de gosto e odor.

Os sistemas de abastecimento de água têm como objetivo final disponibilizar água potável aos usuários, de forma contínua e em quantidades de pressão adequadas. A seguir faz-se a descrição das técnicas de potabilização, ou seja, do tratamento da água bruta antes da sua distribuição, para que a água não ofereça riscos sanitários à população. Seguem-se noções básicas dos principais processos e operações unitárias utilizadas no tratamento de água para consumo humano (HELLER e PÁDUA, 2006).

Tabela 1: Processos/operações unitárias - Tratamento de água

Processos/ unitárias	operações	Descrição
Micropeneiramento/ gradeamento		Passagem da água por peneiras com malhas de pequena abertura, visando a remoção de material particulado;
Oxidação/aeração		Oxidar matéria orgânica e inorgânica presente na água, facilitando sua remoção posterior;
Adsorção		Remover compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, incluindo os que causam odor e sabor, fazendo a água entrar em contato com uma substância adsorvente (em geral carvão ativado);
Troca iônica		Destinada a remover contaminantes inorgânicos presentes na água, fazendo-a passar por uma coluna contendo material sintético especial (resina);
Coagulação		Adição de coagulando, visando desestabilizar impurezas presentes na água e facilitar o aumento do tamanho das mesmas na etapa de floculação;
Floculação		Agitação lenta da água realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato entre as impurezas e, assim, aumentar o tamanho das mesmas;
Decantação		Passagem da água por tanques, no fundo dos quais as impurezas ficam depositadas/sedimentação;
Flotação		Arraste das impurezas para a superfície de um tanque, por meio da ação de microbolhas;
Filtração em meio granular		Remoção de material particulado presente na

	água, fazendo-a passar por um leito contendo meio granular (usualmente areia e/ou antracito);
Filtração em membrana	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, incluindo material dissolvido, passando a água por membranas com abertura de filtração inferior a 1µm;
Desinfecção	Processo destinado a inativar microrganismos patogênicos presentes na água;
Abrandamento	Processo destinado a reduzir a dureza da água e remover alguns contaminantes inorgânicos;
Fluoretação	Adição de compostos contendo o íon fluoreto, com a finalidade de combater a cárie infantil;
Estabilização química	Acondicionamento da água, com a finalidade de atenuar efeitos corrosivos ou incrustantes no sistema abastecedor e nas instalações domiciliares.

Fonte: Heller e Pádua (2006).

Embora seja comum dizer que do ponto de vista técnico pode-se potabilizar qualquer tipo de água, os riscos sanitários e os custos envolvidos no tratamento de águas contaminadas podem ser muito elevados, exigindo emprego de técnicas cada vez mais custosas e sofisticadas, motivo pelo qual devem-se sempre priorizar ações de proteção aos mananciais, ou seja, pode-se dizer que o tratamento começa na escolha de captação da água bruta.

Segundo Heller e Pádua (2006) para que um serviço de abastecimento de água atinja seu objetivo principal, de atender com qualidade à população de forma universal, seria insuficiente apenas obedecer aos requisitos técnicos. De nada vale um sistema concebido de forma apropriada, projetado e construído segundo as técnicas modernas e mesmo operando adequadamente, se o serviço não se organiza para assegurar sua sustentabilidade.

Destaca-se a importância central das estratégias de gestão dos serviços de abastecimento de água para se conquistar a eficiência e a efetividade deles esperada. Dois níveis de instrumentos de gestão necessitam ser abordados nesta discussão: o modelo de gestão adotado pelo serviço, compreendendo o modelo institucional e legal segundo o qual o serviço se organiza, e, uma vez definido esse modelo, as práticas de gestão, que se constitui na forma como os serviços se organizam, suas práticas operacionais, de manutenção e administrativas, os canais

para participação da comunidade e de integração com as demais políticas públicas (HELLER e PÁDUA, 2006).

Dowbor e Tagnin (2005) ainda acrescentam que o controle da qualidade de qualquer produto, inclusive das águas de abastecimento público deve, necessariamente, ser efetuado por meio de dois instrumentos. O primeiro deles, caracterizado como “controle operacional”, é efetuado pelo próprio produtor e visa à adaptação sucessiva do processo produtivo ao atendimento de padrões de qualidade preestabelecidos. O segundo instrumento designado “controle legal” deve ser efetuado por uma entidade absolutamente distinta, autônoma e independente que, com laboratórios e corpo técnico próprio, efetue rotineiramente a atividade de monitoramento e que possa verificar se o produtor está efetiva e consistentemente atendendo aos padrões estabelecidos pela legislação correspondente.

Defende-se que cuidadosas escolhas sobre o modelo e as práticas de gestão e um acurado acompanhamento cotidiano de sua implementação são fatores essenciais para assegurar a sustentabilidade do serviço, mantendo sua qualidade de forma perene, realizando as expansões demandadas pela dinâmica da comunidade e, como objetivo último, atingindo os objetivos sociais a que se destina.

A agenda 21 dedica ainda a importância especial ao reuso da água, recomendando aos países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas. Para a maximização do reuso e reciclagem, estabeleceu, como objetivos básicos, vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos e tornar disponíveis informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional, sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias (HELLER e PÁDUA, 2006).

3.5 Reagentes para coagulação: Sulfato de alumínio e Veta Organic (BWE)

A cor, a turbidez, o sabor, o odor e diversos tipos de contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes na água geralmente estão associados a partículas suspensas ou dissolvidas, que podem requerer a coagulação química da água, a fim de facilitar a remoção dessas impurezas. Devido à gama de produtos químicos e à natureza distinta das águas brutas, é essencial a realização de experimentos em instalação piloto ou em bancada (jar-test), para definir as condições

adequadas de coagulação e mistura rápida. A escolha do tipo de coagulante dependerá de uma criteriosa avaliação técnica e econômica. Esta última dizendo respeito à avaliação de custo do produto: sua procedência, a forma de fornecimento, proximidade do local onde são produzidos, custos de aquisição (HELLER e PÁDUA, 2006).

A água natural contém substâncias que variam amplamente em sua origem, concentração e características. O tamanho das partículas pode ser de diversas ordens de grandeza. Suas superfícies possuem cargas elétricas negativas, que criam uma barreira repulsiva entre si e impossibilitam sua aglomeração. Desta forma, torna-se necessário promover a alteração das características da superfície das partículas através da adição de coagulantes, geralmente sais de alumínio ou de ferro. Quando o alumínio é adicionado na água e hidrolisa, há a formação de um grande número de espécies monoméricas, e possíveis espécies poliméricas. A maior parte desses produtos encontra-se em equilíbrio com o precipitado sólido de hidróxido de alumínio (CAMPOS, DI BERNARDO e VIEIRA, 2005)

Quando a coagulação é realizada de modo inadequado, todo desempenho da operação das estruturas à jusante pode ficar comprometido, aumentando assim os riscos sanitários da água produzida. O desconhecimento dos fatores que interferem na coagulação e sua não otimização no que se refere ao tipo de coagulante e auxiliar de coagulação, pH, dosagens, tempo e gradiente de velocidade de mistura, comprometem seriamente o desempenho da ETA.

É muito importante determinar as condições apropriadas de atuação do coagulante. Tem-se observado que em muitas ETAs ocorre um grande desperdício de reagentes, devido à sobredosagem destes produtos, a qual poderia ser evitada por meio de estudos de tratabilidade da água. Erros na dosagem do coagulante, bem como no pH ideal de coagulação podem resultar em uma reversão das cargas superficiais das impurezas, conduzindo a uma reestabilização das partículas comprometendo, assim, o desempenho do sistema (HELLER e PÁDUA, 2006).

A eficiência da coagulação e da floculação é influenciada por fatores como pH, turbidez, alcalinidade, dosagem de coagulante, intensidade de agitação, ponto de aplicação do coagulante, tamanho e distribuição do tamanho das partículas, sólidos totais dissolvidos, cor, etc (DI BERNARDO, DI BERNARDO e CENTURIONE FILHO, 2002).

Os agentes coagulantes mais empregados são sais de ferro e alumínio (DULIN, 1989), gerando como sub-produtos lodos químicos

que contém as impurezas retiradas da água bruta e hidróxidos metálicos floculentos precipitados.

O uso do sulfato de alumínio na coagulação/filtração é uma prática muito comum no processo de clarificação da água de abastecimento no Brasil (BIDONE, SILVA e MARQUES, 2001). Os sais de alumínio formam um floco ligeiramente pesado. O sulfato de alumínio é o coagulante que, por seu baixo custo e manejo relativamente simples, é usado com maior frequência nas plantas de tratamento de água potável (ARBOLEDA, 1973).

Para Heller e Pádua (2006), dependendo da qualidade da água bruta, o emprego de polímeros pode possibilitar vantagens, tais como aumentar a duração da carreira de filtração, reduzir gastos com produtos químicos, diminuir volume de lodo gerado e aumentar eficiência de remoção de cor, turbidez, ou carbono orgânico total na água.

Devido ao conteúdo elevado de metais e de sólidos, o descarte do lodo de sulfato de alumínio deve ser feito de maneira bastante criteriosa para evitar danos ao meio ambiente e aos seres humanos (AWWA, 1987).

Segundo Dezotti (2008), ao contrário do lodo gelatinoso e volumoso oriundo deste coagulante, o lodo formado pelo uso de polímero é mais denso, sendo mais fácil de ser desidratado, o que facilita o seu manuseio e sua disposição final.

O lodo gerado na retrolavagem das unidades não possui alumínio incorporado, podendo ser utilizado na agricultura, como demonstrado em laudos de toxicologia (VERANUSSO, 1999).

O emprego de polímeros orgânicos, sejam naturais ou sintéticos, para realizar essas separações tem recebido crescente importância no tratamento de efluentes sanitários. Esses polímeros contribuem para a diminuição de riscos ambientais quando comparados com os coagulantes inorgânicos por possuírem caráter biodegradável (Bolto & Gregory, 2007; Sánchez- Martín et al., 2010). De forma agravante, os coagulantes inorgânicos geram resíduos com altas concentrações de Fe e Al, o que pode tornar os subprodutos da separação tóxicos aos organismos existentes no meio ambiente e no tratamento biológico, além de tornar impróprio o aproveitamento do lodo como fertilizante (CONAMA, 2006; Steinmetz et al., 2009).

Os taninos vegetais representam um grupo constituído de compostos fenólicos de grande interesse econômico e ecológico, por serem um produto natural e de fonte renovável. A flora brasileira possui uma das maiores fontes de árvores tanantes do mundo, o que facilita sua extração e utilização. Os estudos com os taninos se têm desenvolvido

gradativamente elucidando a variabilidade e complexidade dos compostos e aumentando as possibilidades de aplicação (Sánchez-Martin et al., 2010).

Os taninos condensados são compostos polifenólicos naturais obtidos pela lixiviação aquosa da casca da acácia negra, que sob determinadas condições atuam como agente coagulante/floculante. Neste caso, é produzido um polieletrólito catiônico vegetal de baixo peso molecular, se comparado a outros polieletrólitos, que atua em ampla faixa de pH, como agente único no tratamento de água para abastecimento. (JONG et al., 2001)

O coagulante orgânico, comercialmente denominado Veta organic é produzido pela empresa BWE – Brazilian Wattle Extract já é atualmente aplicado nas estações de água de indústrias de alimentos, as quais possuem legislação específica no controle de água tratada, controlando parâmetros tais como: matéria orgânica, não contemplada na portaria 518/04 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

De acordo com a BWE (2002) seguem as informações do produto:

O Veta organic é a marca comercial de um polímero natural de caráter catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal destinado ao uso em estações de tratamento de águas e efluentes como coagulante principal. Veta organic se distingue dos sistemas tradicionais pelos seguintes aspectos:

- 1) Não incorpora sais nos sistemas tratados, tais como sulfatos, carbonatos, alumínio, hidróxidos, etc. Este fator traz a vantagem de possibilitar a diminuição da condutividade na água tratada e, assim, nos sistemas de troca iônica aumenta a campanha das colunas;
- 2) Não altera significativamente o pH da água tratada. Diferencial importante, principalmente quando se tem variações de carga orgânica da água bruta, pois na necessidade de se aumentar a dosagem de coagulante, a água tratada (clarificada) não sofrerá variação de pH.
- 3) Não necessita de pré-alkalinização, pois atua em uma ampla faixa de pH (desde pH 4,5 até pH 8,0);
- 4) Necessita de uma concentração menor de auxiliares de floculação (floculante), pois sua reação é muito mais rápida que os sistemas tradicionais, formando flocos estruturalmente maiores.
- 5) A solução aquosa de trabalho é totalmente solúvel em água, não forma precipitados ou materiais insolúveis. Este aspecto traz

uma menor manutenção nas bombas dosadoras e menor trabalho operacional, além de evitar eventuais entupimentos nas tubulações, como ocorre com outras aplicações;

- 6) Por sua característica na composição química, atua quelando metais, e desta forma reduz os metais normalmente contidos na água bruta (principalmente o ferro e o manganês). A solução aquosa de trabalho não tem ação corrosiva, pelo contrário, pelo seu aspecto quelante atua como protetor de corrosão, não danificando bombas e tubulações;
- 7) É comercializado na forma líquida. Sua dissolução em água é instantânea, sem necessidade de agitação vigorosa na preparação da solução aquosa de trabalho. Sua forma de apresentação vem a favor das regulamentações da Medicina do Trabalho e Saúde Ocupacional, as quais estão tomando medidas restritivas quanto ao tipo de sistema de armazenamento e manipulação de produtos granulados ou em pó;
- 8) É totalmente compatível com os vários sistemas de tratamento de águas e efluentes, podendo ser utilizado sozinho ou em conjunto com outros ativadores.
- 9) Pode ser usado em ETA de indústrias de alimentos, porque possui a AUP (Autorização de Uso de Produto) expedido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária em 21/09/2001 sob o número 1171/2001, liberando este produto em estabelecimentos que possuem o Serviço de Inspeção Federal (SIF).

O Veta organic, por ser de origem vegetal, é renovável. O seu uso estimula o plantio da acácia negra que, segundo EMBRAPA (2002), é uma planta útil no meio ambiente devido às seguintes características:

- Recuperadora de solos de baixa fertilidade através da deposição de folhedo rico em nitrogênio;
- Efetiva no controle da erosão devido à facilidade de adaptação a diferentes locais mesmo em áreas que tenham perdido solo superficial.

O Veta organic tem sido usado na indústria alimentícia no tratamento de água e em curtumes no tratamento de efluentes do processo fabril. O seu uso no tratamento de água para abastecimento público é inédito no país.

Em relação aos efeitos do tanino na saúde, JONG et al. (2001) apresentam os resultados das análises. Estas análises ocorreram devido ao fato dos taninos, toxicologicamente falando, virem sendo

considerados como antinutrientes, tendo como principal efeito o decréscimo da conversão alimentar e da digestibilidade.

As respostas obtidas nos experimentos indicam que os níveis de taninos, até 110ppm, não apresentaram nenhuma alteração toxicológica visível (JONG et al., 2001).

3.6 Tratamento de lodo: Geofôrmas HaTe® Tube HUESKER

Os resíduos de estações de tratamento de água que causam maiores preocupações são o lodo dos decantadores e o efluente de lavagem dos filtros. Estes resíduos além de conter de forma concentrada os poluentes trazidos na água bruta têm em sua composição substâncias adicionadas durante o processo de tratamento. Dentre as quais, poderá haver íons metálicos em função do coagulante utilizado no processo. O coagulante sulfato de alumínio é um dos mais usados nesta função, e apesar do alumínio não ser considerado um metal perigoso, tem sido referido como um dos prováveis precursores do mal de Alzheimer, além disso, alguns estudos mostram que o excesso deste metal no meio ambiente pode trazer prejuízos para algas e para ictiofauna.

Tratamento e disposição adequados dos resíduos de uma ETA, mudanças nos processos e produtos químicos utilizados no tratamento da água são formas de minimizar os impactos causados no corpo receptor (VANACÔR, 2005).

Neste cenário, os geossintéticos começam a figurar como uma possível alternativa. Esses materiais podem ser definidos como produtos poliméricos, sintéticos ou naturais, industrializados e desenvolvidos para aplicação em obras de Engenharia Civil, de Saneamento e Meio Ambiente. O termo geossintético é uma denominação genérica que agrupa uma grande família de produtos poliméricos, dentre os quais estão os geotêxteis, as geomembranas, as geogrelhas, as geomantas e as georedes. Cada tipo de geossintético possui diferentes processos de fabricação, características e funções.

Apesar de terem sido introduzidos no Brasil na década de 1970, somente duas décadas mais tarde passaram a ser utilizados de forma mais significativa no país. Atualmente, o emprego desses materiais tem sido cada vez mais freqüente, graças às diversas vantagens que oferecem. Entre os aspectos que favorecem a crescente utilização de geossintéticos em obras como estradas, barragens, túneis, estruturas de contenção, de filtração, drenagem, dentre outras, está a versatilidade, o fácil emprego, o excelente desempenho e, freqüentemente, o baixo custo em comparação com soluções convencionais (COSTA et al., 2008).

A HaTe® Tube é uma marca comercial registrada da HUESKER Synthetic GmbH. A seguir estão descritas suas características, de acordo com HUESKER (2009), empresa especializada em sua fabricação.

A Geofôrma HaTe® Tube é um sistema de dessecação de lodos provenientes de estações de tratamento de água (ETAs), esgoto (ETEs), resíduos industriais, mineração e sedimentos marinhos contaminados. A geofôrma é confeccionada de acordo com a necessidade do projeto, de maneira geral, ela possui:

- **Alta resistência à tração:** possibilidade de alcançar grandes alturas;
- **Elevada permeabilidade:** alta produtividade (velocidade operacional);
- **Adequada malha filtrante:** alta capacidade de retenção de sólidos;
- **Grande flexibilidade:** fácil adaptação ao substrato e ao espaço;
- **Elevada durabilidade:** grande resistência ao intemperismo, aos raios UV e a agentes químicos;
- **Baixo peso:** fácil manuseio, lançamento e preenchimento;
- **Geometria:** dimensões sob medida, estudadas caso a caso, atendendo às necessidades do cliente.

As geofôrmas lineares, também conhecidas como diques contínuos, salsichões ou geocontêineres, são fabricadas a partir de geotêxteis de alta tenacidade e alta durabilidade e podem ser preenchidas com vários tipos de materiais tais como, lodos de ETAs / ETEs e lamas geradas nas indústrias, em geral.

As misturas lançadas dentro das geofôrmas são formadas por partículas finas com grande afinidade mecânica, química e física com as moléculas da água, sendo necessária a formação prévia de flocos de maiores dimensões, através do condicionamento químico com um polieletrólito adequado que acelera sua dessecação. Assim, a grande redução de volume e umidade da mistura floculada é lançada dentro do HaTe® Tube, facilitando seu transporte e disposição final, diminuindo drasticamente o tempo de dessecação, otimizando os custos operacionais de todo o sistema.

Os geotêxteis e geocompostos utilizados na confecção dos são fabricados a partir de diversas matérias primas, dentre as quais o polipropileno (PP) e o poliéster (PET), e em função de seu padrão têxtil, possuem uma distribuição uniforme de poros, combinando elevada permeabilidade e adequada retenção de sólidos. Apresentam, também, alta resistência nas duas direções principais e baixa deformabilidade na

ruptura, menor que 15%. Estas características determinam um produto bastante versátil, de fácil instalação, baixo custo e com excelentes resultados finais na redução de volumes, alta retenção de materiais particulados e um percolado com baixo teor de sólidos totais, características fundamentais para o sucesso na dessecação de efluentes líquidos de diversas indústrias, ETAs e ETES.

As geofôrmas HaTe® Tube são confeccionadas com costuras reforçadas que garantem sua integridade, mesmo quando submetidas a elevadas pressões internas e/ou cargas externas, proporcionando uma eficiente retenção das partículas componentes dos materiais de preenchimento.

Os bocais, também chamados de portos ou mangas, são uniformemente espaçados de 10 m entre si, no máximo, garantindo um bom controle das operações de preenchimento. Além de atuar como portas de entrada da mistura, os bocais podem exercer as funções de extravasadores de fluxo para geoformas contíguas ou como válvulas de alívio de pressão interna, quando previsto no processo de preenchimento. Os bocais do HaTe® Tube são confeccionados com o mesmo geossintético utilizado na confecção do seu corpo e unidos à geoforma com costuras especiais de alta tenacidade que garantem sua integridade e funcionalidade durante todo o período de operação.

A HaTe® Tube é confeccionado com materiais ultra estabilizados, com anti UV e antioxidantes, o que lhe confere elevada durabilidade à exposição solar e a agentes químicos:

4. METODOLOGIA

O canteiro de obras da usina possui uma capacidade de tratamento de 560 m³/h de água, sendo 400 m³/h de água industrial, utilizada nas frentes de serviço: produção de concreto, lavagem de equipamentos, aspersão nas vias de circulação interna (diminuição de poeira), etc. E 160 m³/h de água potável para abastecimento e consumo dos colaboradores da obra, utilização nos processos da cozinha central, higienização. O tratamento de água no canteiro de obras da UHE Santo Antônio é realizado pelo método convencional. A estrutura consiste em um sistema compacto formado pela casa química, onde se faz a mistura dos reagentes utilizados, um floculador/decantador e um filtro ascendente. Na Tabela 2 seguem as ETAs existentes e o volume médio tratado até o mês de agosto de 2010.

Tabela 2: Descrição das ETAs presentes no canteiro de obras

Nomenclatura	Finalidade do tratamento	Localização	Volume médio tratado/ mês (m³)
ETA 20 m ³ /h	Potável	Margem esquerda	5.784
ETA 100 m ³ /h	Potável	Margem esquerda	20.570
ETA 40 m ³ /h	Potável	Margem direita	6.710
ETA 300 m ³ /h	Industrial	Margem esquerda	111.689
ETA 100 m ³ /h	Industrial	Margem direita	50.446
Total		195.199	

Na Figura 3 pode-se observar uma foto aérea das estações de tratamento de água de 20m³/h (potável) e de 300m³/h (industrial), localizada na margem esquerda do canteiro.



Figura 3:ETAs de 20m³/h (potável) e 300m³/h (industrial)

4.1 Implantação das melhorias no sistema de tratamento de água

Para a substituição do sulfato de alumínio já utilizado no tratamento de água do canteiro de obras pelo reagente orgânico, foram realizadas as seguintes etapas:

Tabela 3:Etapas da substituição dos coagulantes

Etapa	Descrição
1ª	Visita técnica do fornecedor para realização de testes de compatibilidade iônica com a água captada;
2ª	Realização de teste com 1000 litros do reagente na ETA de 20 m ³ /h (Projeto Piloto), para verificar o custo – benefício
3ª	Comprovação da viabilidade econômica com redução dos custos do tratamento em torno de 60% e qualidade da água sem alterações em relação ao sulfato de alumínio.



Figura 4: Tanques dos reagentes - Casa de química ETA 20m³/h

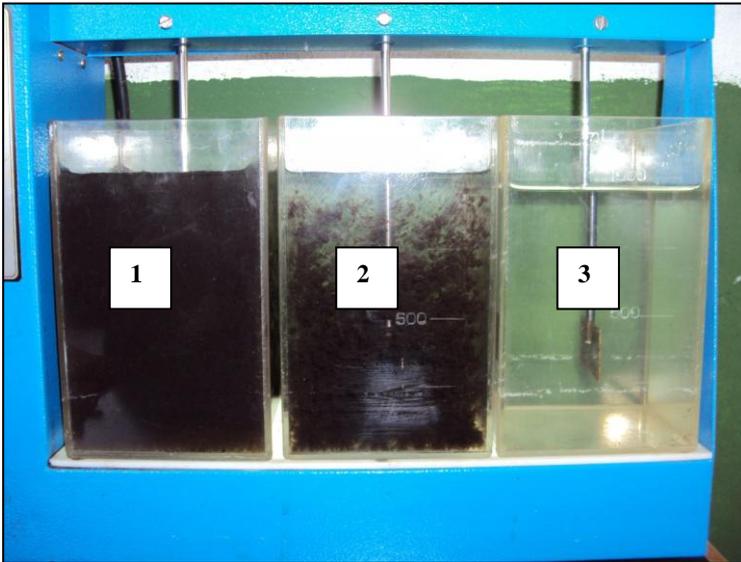


Figura 5: Jarrest – Veta orgânica (1- Lodo bruto, após retrolavagem; 2- Lodo com coagulante, flocos ideais para retenção nas geofôrmas; 3- Água reaproveitada)

Comprovada a eficácia do tratamento orgânico e tendo em vista a busca da melhoria contínua do processo e aproveitamento do lodo gerado na retrolavagem do decantador e do filtro, que agora não possuía mais a presença do metal alumínio, antes um problema, para ser utilizado como adubo no programa de recuperação de áreas degradadas (PRAD) do canteiro de obras, surge a necessidade de um sistema para reter o lodo e reaproveitar a água, antes descartada no meio ambiente.

Seguem as etapas desenvolvidas:

Tabela 4: Implantação sistema de tratamento de lodos

Etapa	Descrição
1^a	Pequisa eletrônica de tecnologias utilizadas para tratamento de lodo;
2^a	Identificação da melhor opção para ser desenvolvida no canteiro de obras e dentro das condicionantes do projeto;
3^a	Visita técnica do fornecedor da geofôrma HaTe® Tube para conhecer a estrutura e requisitos técnicos de projeto, como vazão de tratamento instalada e área disponível para instalação da estrutura do sistema de tratamento do lodo;
4^a	Realização dos testes de compatibilidade iônica para definir o melhor reagente para floculação do lodo, de forma a formar o floco ideal em relação à porosidade da geofôrma, buscando o melhor adensamento interno na estrutura e liberação da água tratada;
5^a	Cálculo da capacidade de tratamento para definição do tamanho da estrutura a ser utilizada de acordo com a vazão de tratamento da ETA;
6^a	Instalação piloto do sistema em uma das ETAs existentes no canteiro (ETA 20 m ³ /h);
7^a	Monitoramento dos resultados de qualidade da água, volume reaproveitado, consumo dos reagentes e funcionamento do sistema.



Figura 6: Tratamento de lodo – Geofôrmas HaTe tube

A vida útil do bolsão de retenção de lodo é em torno de 1 ano, e no ato de sua abertura são retirados em média 90m³ de lodo (Figura 7), que são encaminhados para o estoque de solo vegetal, para posterior utilização na recomposição de áreas degradadas. A geofôrma retalhada é encaminhada para o aterro sanitário do canteiro de obras, onde é descartada em uma das células de resíduos.



Figura 7: Abertura das geofôrmas para retirada do lodo

O período de acompanhamento do projeto para coleta de informações, as quais estão descritas neste trabalho foi de dezembro de 2009 a agosto de 2010, tendo como objeto de estudo e descrição deste projeto apenas a ETA de 20m³/h (piloto), localizado na margem esquerda da usina hidrelétrica em questão.

Após a comprovação do custo-benefício do sistema avaliado na ETA 20m³/h, a utilização do reagente orgânico e do sistema de

tratamento de lodo foi implementada em todas as estruturas de tratamento de água do canteiro de obras.

4.2 Desenvolvimento do trabalho

Para a realização do presente trabalho, seguindo as diretrizes propostas nos objetivos específicos, a metodologia utilizada foi a seguinte:

Levantamento de registros referentes as quantidades de reagentes necessárias para o tratamento da água antes e após a substituição do coagulante sulfato de alumínio pelo coagulante orgânico Veta Organic, assim como dos volumes de água tratada mensalmente.

Para quantificação financeira dos ganhos obtidos com a mudança dos reagentes de coagulação da água a ser tratada, foi feito o levantamento dos preços dos produtos baseado nos acordos comerciais estabelecidos entre os empreendedores da usina e os fornecedores de materiais. De forma que se pudesse fazer o cálculo do custo da água tratada no canteiro.

E por fim, para a avaliação dos resultados ambientais e operacionais da mudança dos coagulantes e da implantação do sistema de tratamento de lodo, foi realizado um levantamento bibliográfico dos referidos temas.

4.3 Equipamentos e insumos utilizados

Os insumos utilizados para desenvolvimento deste projeto estão descritos na Tabela 5:

Tabela 5: Descrição dos insumos do projeto

Insumo	Descrição
Sulfato de alumínio	Reagente químico, utilizado para tratamento de água convencional;
Veta Organic	Reagente orgânico, polieletrólito catiônico de baixo peso molecular produzido a partir do tanino extraído da casca da acácia negra;
Cal hidratada	Corrigir o pH, mas vale ressaltar, que depende do tipo de fonte de captação (características do rio, lago, Igarapé), a Veta Organic, pode corrigir sem a presença de Cal.
Hipoclorito de sódio,	Apenas no tratamento da água potável, deter os patogênicos, ao contrário da água industrial;
ETA de 20 m ³ /h	Equipamento compacto com uma casa química, decantador/floculador e filtro.

Geofôrmas lineares - HUESKER	Bolsões porosos utilizados para conter os flocos de lodo e liberar a água para o reaproveitamento no tratamento de água
------------------------------	---

OBS: Todos os insumos utilizados neste projeto, com exceção das geofôrmas, já estavam orçadas, não gerando nenhum custo adicional ao empreendimento.

4.4 Caracterização da água do Córrego São Domingos

As análises de monitoramento da qualidade da água do Córrego acontecem mensalmente, e são realizadas por uma empresa terceirizada (Analítica: Análises Químicas e Controle de Qualidade), contratada pelo consórcio construtor da usina hidrelétrica.

A Analítica, segundo disposto nos seus relatórios mensais, realiza os procedimentos de análise da água a partir do seguinte método:

- a) As coletas são feitas em frascos esterilizados;
- b) As amostras são preservadas até o início das análises sob refrigeração, conforme Normas Técnicas;
- c) Os resultados analíticos referem – se unicamente às amostras coletadas;
- d) Os métodos de análises utilizados estão de acordo com Standard for the Examination of Water and Wastewater 21ª edição, APHA, WEF, AWWA E ICR Microbial Laboratory Manual, U.S EPA, 1996.
- e) Laboratório cadastrado na Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA – MT. No Conselho Regional de Química – CRQ – MT. Na VISA – MT. Na Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA – RO. E na Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA / MS

De acordo com as análises periódicas realizadas e segundo a Resolução CONAMA nº 357 de Março de 2005, o Córrego São Domingos é enquadrado como pertencente às Águas Doces Classe 2, e, por conseguinte, suas águas podem ser destinadas a:

- a) Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) Proteção das comunidades aquáticas;
- c) Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;

- d) Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) Aqüicultura e a atividade de pesca.

Seguem abaixo os resultados da caracterização feita da água do Córrego São Domingos, de onde a água é captada para o tratamento na ETA 20m³/h.

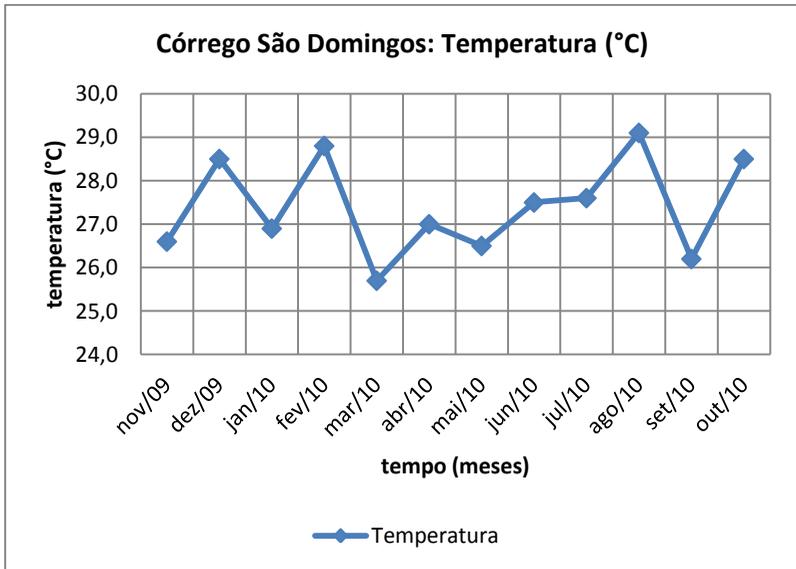


Gráfico 1: Temperatura

A temperatura da água nestes meses apresentou como média o valor de 27,4°C. As médias foram elevadas e condizentes com clima quente e úmido característico da região amazônica, que no referido período apresentou temperatura média do ar de 32°C.

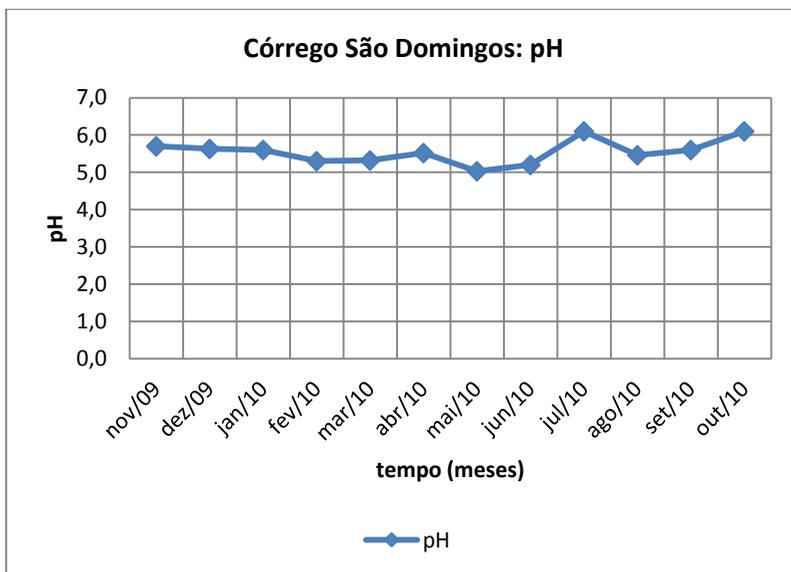


Gráfico 2: Potencial Hidrogeniônico (pH)

O caráter ligeiramente ácido da água do manancial, pH em torno de 5,5 (Gráfico 2), é devido ao fato de que o Córrego São Domingos apresenta características hidrogeoquímicas de caráter também ácido, em função de sua formação geológica. O curso d' água citado tem origem em latossolos vermelhos / amarelos e não afeta o equilíbrio do manancial investigado de acordo com os Laudos Técnicos.

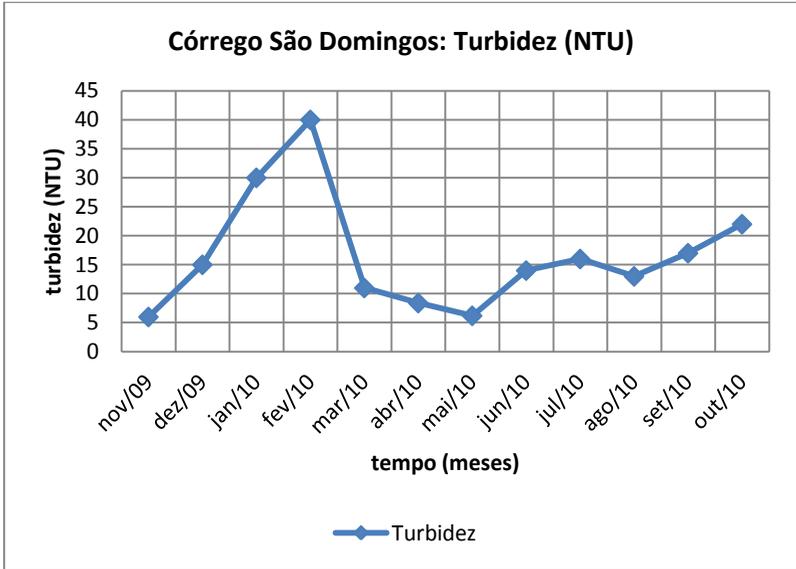


Gráfico 3: Turbidez

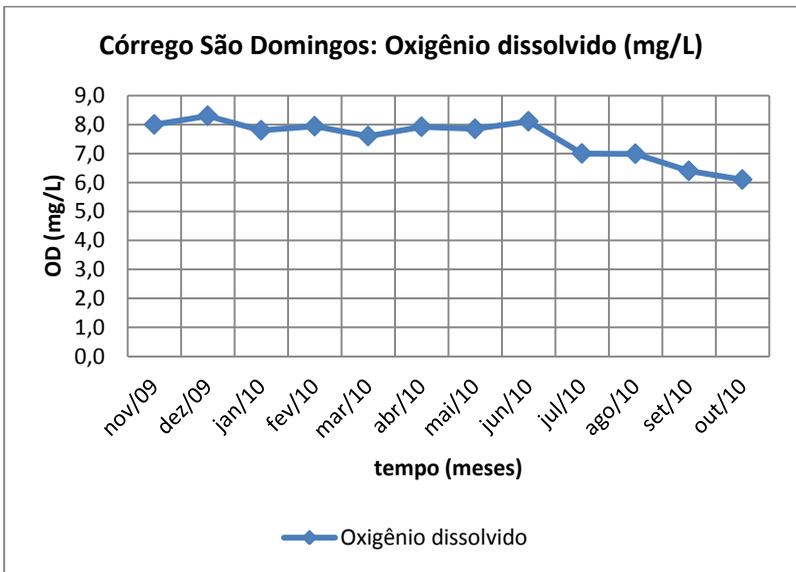


Gráfico 4: Oxigênio dissolvido

Os valores de turbidez apresentaram-se sempre inferiores aos valores limites característicos de águas doces Classe 2, assim como os

valores de oxigênio dissolvido situaram-se sempre acima do valor mínimo previsto na legislação, que são respectivamente 100NTU, valor máximo de turbidez, e 5mg/L, valor mínimo de OD. As médias destes parâmetros para o período em questão foram: 17NTU de turbidez e 7,5mg/L de OD.

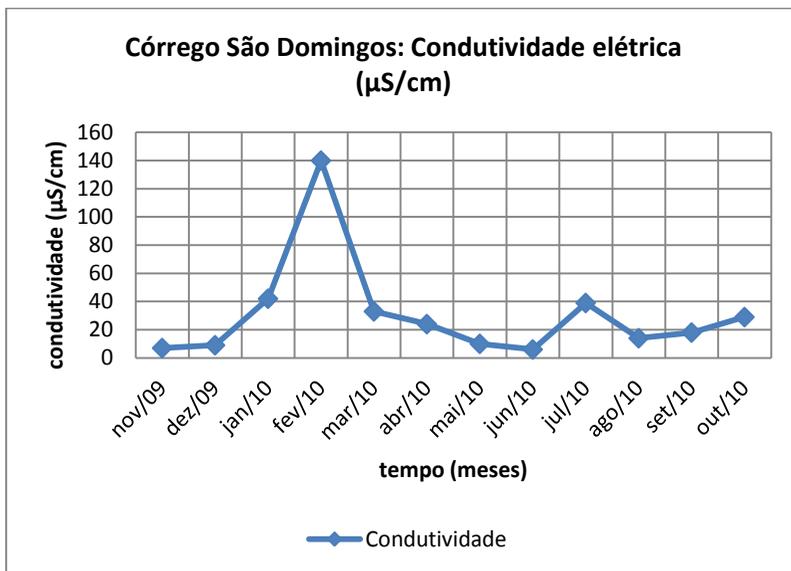


Gráfico 5: Condutividade elétrica

A condutividade elétrica apresentou valor médio de $31\mu\text{S}/\text{cm}$ por mês no período estudado. Como já citado anteriormente, por ser um reagente orgânico o Veta Organic não incorpora sais nos sistemas tratados, tais como sulfatos, carbonatos, alumínio, hidróxidos, etc., e dessa forma, garante uma água tratada sem grandes acréscimos de condutividade e divergências em relação às médias obtidas mensalmente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O período de coleta de dados do projeto ocorreu de Dezembro de 2009 a Agosto de 2010. Durante este tempo, foram monitorados os processos do sistema de tratamento implantado na ETA 20m³/h, localizada na margem esquerda do canteiro de obra da usina. No período, a estação de tratamento em questão realizou o tratamento de 78.578,48m³ de água potável para abastecimento, e computou também o valor de 5.850m³ de água reaproveitada com o sistema de tratamento de lodo (Tabela 6).

Tabela 6: Dados gerais do projeto

Identificação	ETA de 20 m ³ /h – Água Potável
Período	Dezembro/2009 a Agosto/2010
Volume de água tratada	78.578,48 m ³
Volume de água reaproveitada	5.850 m ³

Abaixo, na Tabela 7 faz-se a descrição dos custos incorridos do projeto:

Tabela 7: Custos e quantidades dos reagentes

Insumos	Custo unitário (R\$/Kg)	Quantidade do produto utilizada no período (Kg)	Custo Total (R\$)
Veta Orgânica	2,55	1310,5	3341,69
Sulfato de Alumínio	2,61	1629,4	4252,73
Cal Hidratada	1,25	1033,7	1292,07
Polímero para correção	13,00	39,0	507,49
Hipoclorito de sódio	2,90	3135,9	9094,08
Geoforma HaTe® Tube (unidade)	5.000,00	2	10000,00
Total (R\$)		28488,07	

Todos os custos apresentados já estavam contemplados no orçamento do contrato para o tratamento de água no canteiro, tendo apenas como adicional as geofôrmas HaTe® Tube.

O projeto começou a ser desenvolvido em dezembro/2009 com o levantamento de informações, pesquisas, visitas técnicas, levantamento

físico-químico da água e após a apresentação do projeto aos responsáveis pelo controle do tratamento de água, deu-se início à aplicação do Polímero Veta Organic na 2ª quinzena de março de 2010.

Abaixo segue uma tabela com os quantitativos de insumos por m³ de água tratada:

**Tabela 8: Massa de reagente por volume de água tratada
(Tratamento com sulfato de alumínio)**

Mês	Água tratada (m ³)	Sulfato de Alumínio (mg/L)	Cal hidratada (mg/L)	Polímero correção (mg/L)	Hipoclorito de sódio (mg/L)
dez/09	3570	0,119	0,048	0,0020	0,084
jan/10	4215	0,119	0,052	0,0019	0,071
fev/10	3659	0,119	0,057	0,0022	0,113
mar/10 (1ªquinz.)	2598	0,103	0,075	0,0013	0,050

**Tabela 9: Massa de reagente por volume de água tratada
(Tratamento com Veta Organic)**

Mês	Água tratada (m ³)	Veta Organic (mg/L)	Cal Hidratada (mg/L)	Polímero correção (mg/L)	Hipoclorito de sódio (mg/L)
mar/10 (2ªquinz.)	3992	0,048	0,007	0,0005	0,070
abr/10	5170	0,027	0,008	0,0003	0,062
mai/10	5637	0,024	0,005	0,0002	0,039
jun/10	10428	0,020	0,004	0,0002	0,027
jul/10	32014	0,012	0,002	0,0001	0,011
ago/10	7295	0,035	0,005	0,0004	0,074

Seguem abaixo os resultados encontrados:

A troca dos coagulantes no sistema de tratamento de água do canteiro gerou uma redução de 76,6 % no custo do reagente utilizado

por m³ de água, explicitado no Gráfico 6. A inflexão ocorrida no mês de março foi causada pela troca dos coagulantes que ocorreu naquele mês. Na primeira quinzena ainda estava sendo utilizado o sulfato de alumínio, e na segunda, começou-se a aplicação do Veta Organic.

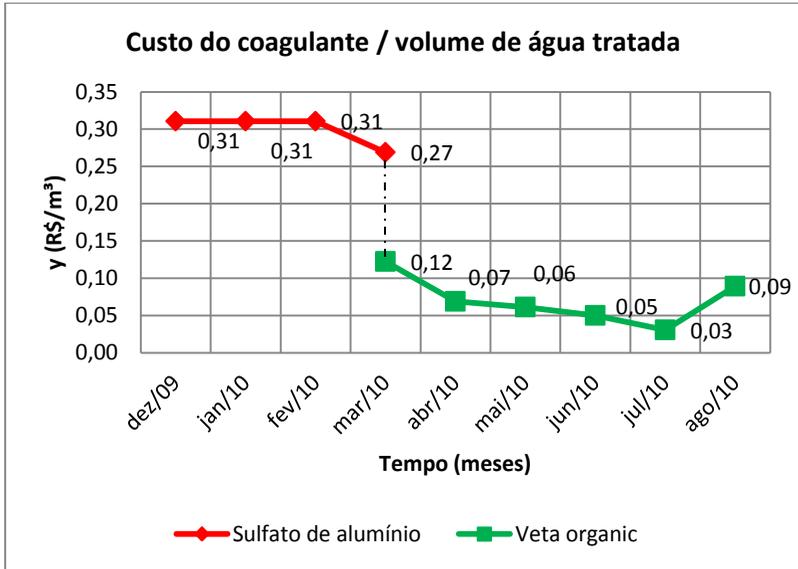


Gráfico 6: Custo do coagulante por volume de água tratada

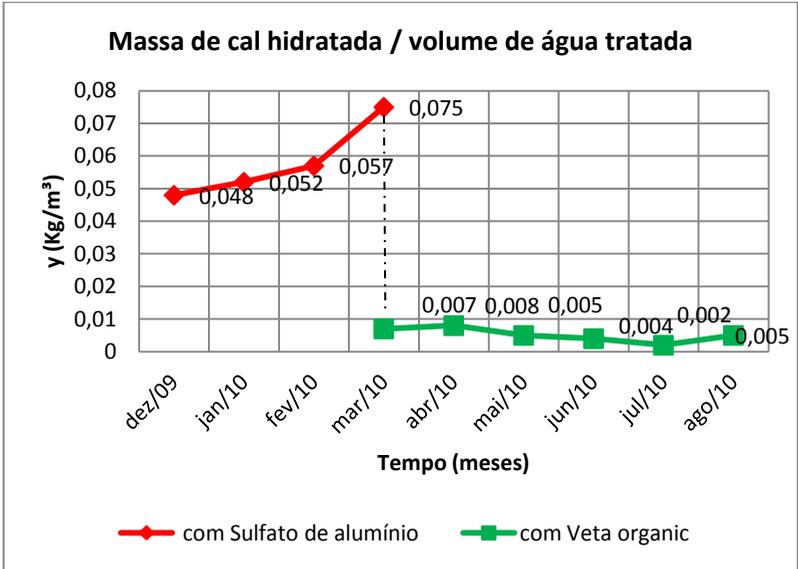


Gráfico 7: Massa de cal hidratada por volume de água tratada

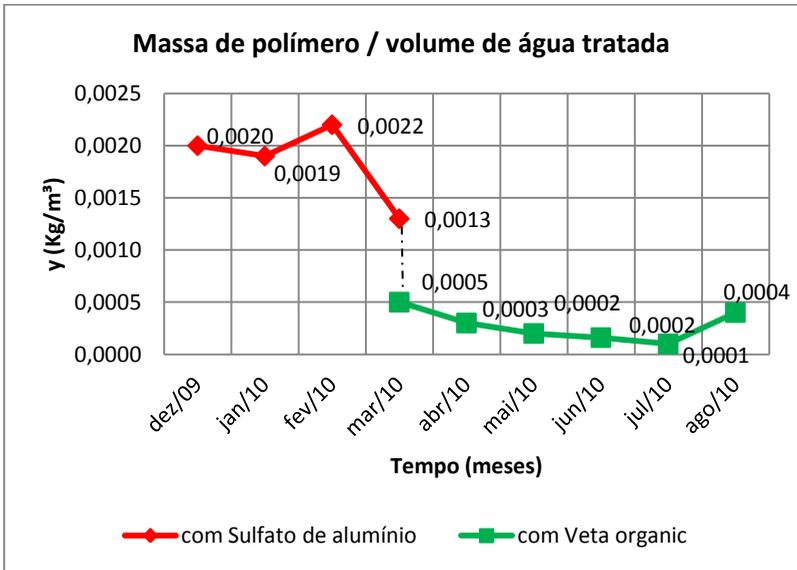


Gráfico 8: Massa de polímero por volume de água tratada

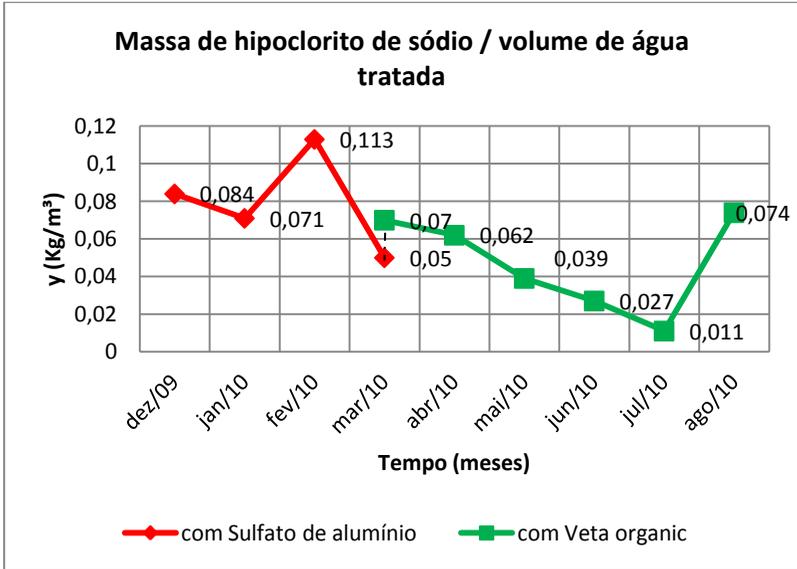


Gráfico 9: Massa de hipoclorito de sódio por volume de água tratada

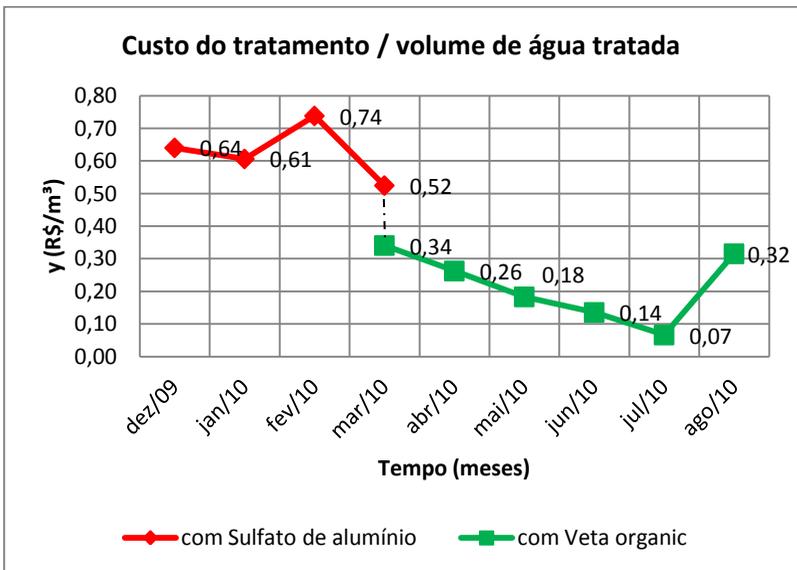


Gráfico 10: Custo dos reagentes para o tratamento por volume de água tratada

Houve também o reaproveitamento de 5.850 m³ de água (Gráfico 11), proveniente do sistema de tratamento do lodo. Esta água pôde ser reincorporada no tanque de água bruta das ETAs de água potável e utilizada como água industrial, como representado nas Figuras 1 e 2.

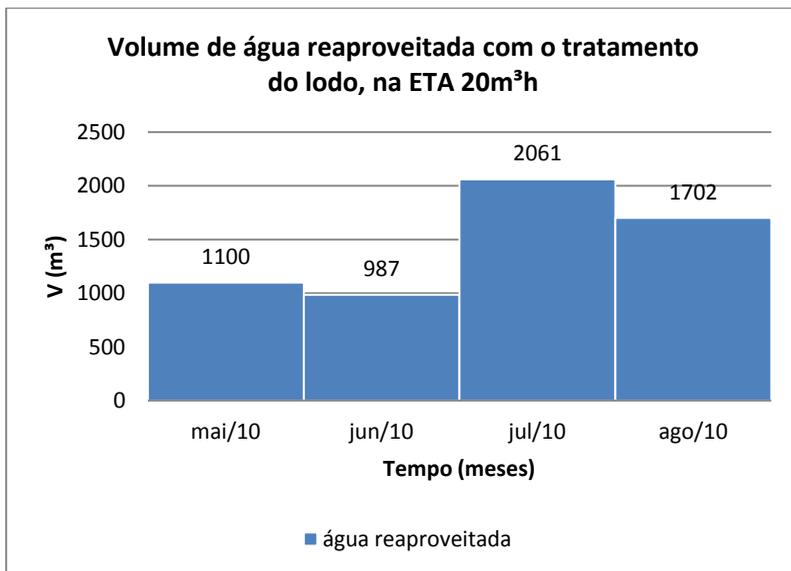


Gráfico 11: Volume de água reaproveitada no tratamento de lodo



Figura 8: Tanque de água bruta. Em primeiro plano, entrada de água bruta. Em segundo, entrada de água reaproveitada

Por meio da análise dos gráficos acima, pôde-se notar a diminuição do consumo de reagentes para o tratamento por volume de água tratada: 91,1% para a cal hidratada (Gráfico 7), 85% para o polímero auxiliar de floculação (Gráfico 8) e 40,7% para o hipoclorito de sódio (Gráfico 9) utilizado na desinfecção da água. Assim como, a redução dos custos com o tratamento desta água em 65% (Gráfico 10), gerada pela diminuição geral no uso dos reagentes.

Nota-se que houve variação mensal do custo do metro cúbico tratado devido à variação dos parâmetros da água bruta captada o que, por conseqüência, altera as quantidades de reagentes adicionados ao tratamento da água a ser distribuída no canteiro de obras, justificando assim a oscilação dos valores de custo.

O sistema de tratamento de lodo permite que os efluentes oriundos da retrolavagens de filtros e decantadores deixem de ser descartados no meio ambiente, e na mesma linha, faz com que uma grande quantidade de água deixe de ser captada do corpo hídrico abastecedor. Visto que o sistema permite a recirculação deste recurso. De maio a agosto, 5,85 milhões de litros de água deixaram de ser retirados dos cursos d'água amazônicos (Gráfico 11).

A não disposição do lodo da ETA no meio ambiente representa um ganho ambiental muito grande em face dos diversos estudos já realizados referentes ao alumínio. Por meio destes estudos ficou demonstrado que o alumínio, principalmente na forma inorgânica, pode ser tóxico para peixes e comunidades bentônicas (CORDEIRO, 1981). Aboy (1999) realizou os ensaios de lixiviação e solubilização de resíduos, e classificou o lodo das ETAs como resíduo classe II – não-inerte.

A toxicidade potencial dos lodos de estações de tratamento de água, para plantas, seres humanos e organismos aquáticos, depende de fatores tais como características da água bruta, produtos químicos utilizados no tratamento, possíveis contaminantes contidos nesses produtos, reações químicas ocorridas durante o processo de tratamento, forma de remoção e tempo de retenção dos resíduos nos decantadores, características hidráulicas, físicas, químicas e biológicas do corpo receptor (VANACÔR, 2005).

O coagulante orgânico, devido a sua composição, tende a aumentar a carga orgânica dos efluentes da estação de tratamento de água e reduzir os teores de metais no lodo. Com o aproveitamento deste lodo na recomposição de áreas degradadas do canteiro, o adubo promove o suprimento de sais minerais (macro e micronutrientes) para a vegetação em desenvolvimento e reposição destas substâncias para o local de origem no meio ambiente (carbono, oxigênio e nitrogênio na atmosfera; fósforo, potássio, enxofre, além de outros, na crosta terrestre).

A principal restrição que se faz ao sulfato de alumínio fundamenta-se na tendência que o lodo de alumínio tende a fixar o fósforo no solo, evitando a sua assimilação pelas raízes das plantas.

MANCUSO e SANTOS (2003) comentaram sobre o reuso de efluentes em processos de produção vegetal, atribuindo a esta prática os seguintes fatores: custo elevado de fertilizantes, a segurança de que os riscos sanitários e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas, os custos elevados dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores, o aumento na aceitação sociocultural da prática do reuso de efluentes, e o reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

Na dissertação de mestrado, Vanacôr (2005) observou que, com o uso do Veta Organic como agente de coagulação/floculação, o mesmo gerava um floco que possuía maior tendência a se fixar no leito filtrante, diferentemente do floco gerado no tratamento com sulfato de alumínio.

Os leitos dos filtros colmatavam mais rapidamente, reduzindo assim a carreira de filtração. Na ETA de Novo Hamburgo (RS), objeto do estudo de Vanacôr (2005), foi instalado um sistema de retrolavagem com ar, resultando numa resposta positiva, pois o ar causa maior expansão do leito e aumenta o atrito entre os grãos, podendo-se assim aumentar o intervalo entre retrolavagens.

Segundo Vanacôr (2005), o sulfato de alumínio produz flocos que colmatam menos o leito filtrante, mas que, principalmente no início da carreira de filtração, podem passar pelo filtro e piorar a qualidade da água tratada. De oito amostras de água tratada com sulfato de alumínio analisadas, cinco apresentaram concentração de alumínio acima do valor máximo permitido. De acordo com a Portaria N° 518, 63% das amostras de água tratadas com sulfato de alumínio estariam com teor de alumínio acima do permitido. Das quatro amostras de água tratada com Veta organic, nenhuma apresentou concentração de alumínio acima do valor máximo permitido (0,2mg/L).

O Veta Organic produz flocos que vão aderindo ao leito filtrante e, com o uso, vão colmatando o mesmo. Isto ocasiona aumento na perda de carga durante a filtração, reduz a capacidade (vazão) dos filtros e gera maior número de retrolavagens. Por outro lado, a água tratada tem sua qualidade mantida durante toda a carreira de filtração.

Pôde-se notar que com a utilização do Veta Organic como coagulante, produtos para corrigir o pH e auxiliar na floculação (polímero) passaram a ser utilizados em menor quantidade em relação a quando o coagulante era o sulfato de alumínio. E da mesma forma que Vanacôr (2005) descreveu, houve a redução do tempo no qual os operadores se dedicam ao processo de coagulação/floculação e reduziu o risco de expor os colaboradores a condições insalubres da casa de química.

Decorridas todas as etapas descritas na metodologia, verificou-se através do sistema piloto em funcionamento, a ETA 20m³/h:

- **O ganho tangível**

Viabilidade econômica do investimento, através da diminuição da utilização de reagentes devido ao uso do coagulante Veta Organic. Por a água reaproveitada conter resquícios dos reagentes, já realizava também melhoras evidentes na turbidez da água no tanque de água bruta e reservatório quando destinado, diminuindo assim também o uso dos produtos químicos.

- **O ganho intangível**

Por tornar o ciclo fechado, ou seja, sem descarte de efluentes no meio ambiente, e gerar um efluente com valor agregado (lodo → adubo) o que foi visto com bons olhos por clientes, bancos financiadores, e órgãos legais fiscalizadores.

Abaixo foi realizado uma simulação para verificar a economia gerada com a mudança dos reagentes no tratamento da ETA de 20 m³/h, considerando a média real apresentada para o custo com o reagente Sulfato de Alumínio, R\$ 0,63/m³, e Veta Orgânica, R\$ 0,22/m³.

Tabela 10: Simulação dos custos do tratamento com os dois coagulantes

Mês	Volume de água tratada (m³)	Sulfato de Alumínio (R\$)	Veta Organic (R\$)
dez/09	3570	2249,10	775,48
jan/10	4215	2655,45	915,59
fev/10	3659	2305,17	794,81
mar/10	6590	4151,70	1431,49
abr/10	5170	3257,10	1123,04
mai/10	5637	3551,31	1224,48
jun/10	10428	6569,94	2265,29
jul/10	32014	20168,82	6954,13
ago/10	7295	4595,85	1584,63
Total	78578	49504,44	17068,95
Economia gerada (R\$)		32435,49	
Percentual redução		65%	

É importante ressaltar que o desenvolvimento deste projeto foi baseado em consumos de apenas uma das ETAs do canteiro de obras, a ETA 20 m³/h, a mesma utilizada como piloto para comprovação de viabilidade do projeto.

A partir do mês de maio/2010, todas as ETAs do canteiro de obras estavam operando com o sistema ecológico descrito neste trabalho. Abaixo segue alguns dados apresentados até o momento para todas as unidades.

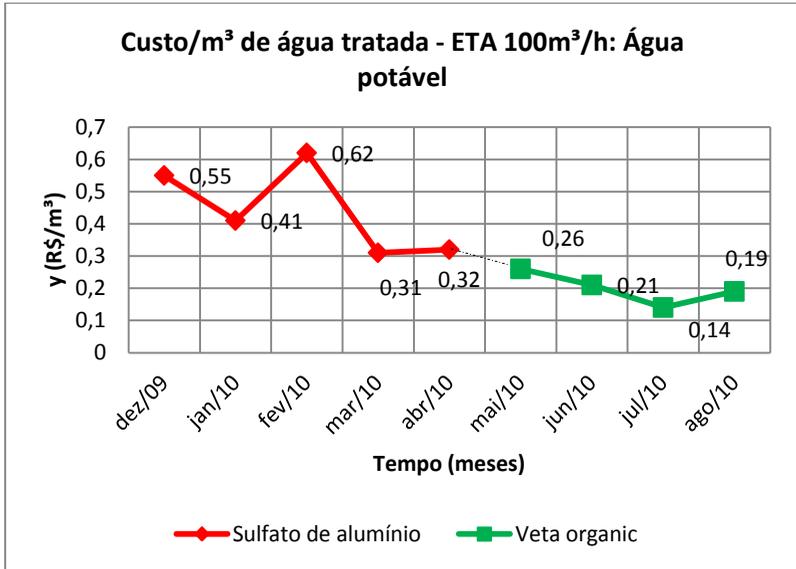


Gráfico 12: Custo do tratamento por volume de água tratada - ETA 100m³/h

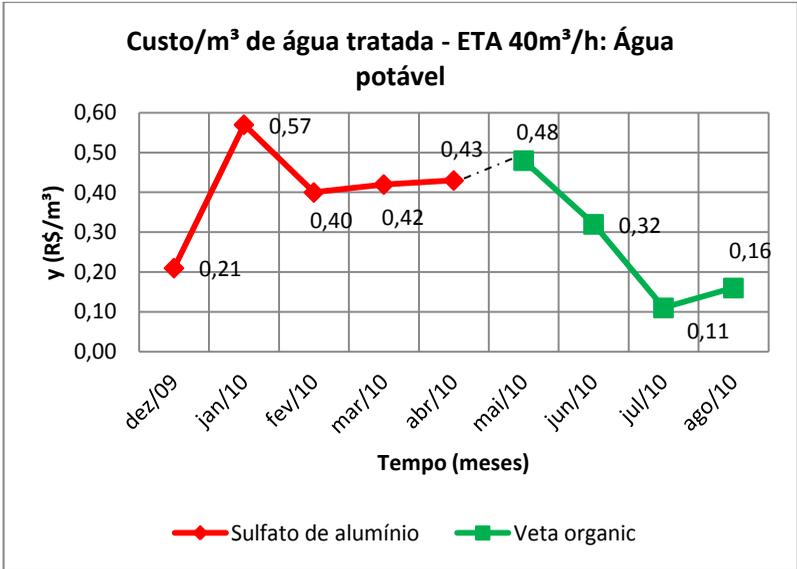


Gráfico 13: Custo do tratamento por volume de água tratada - ETA 40m³/h

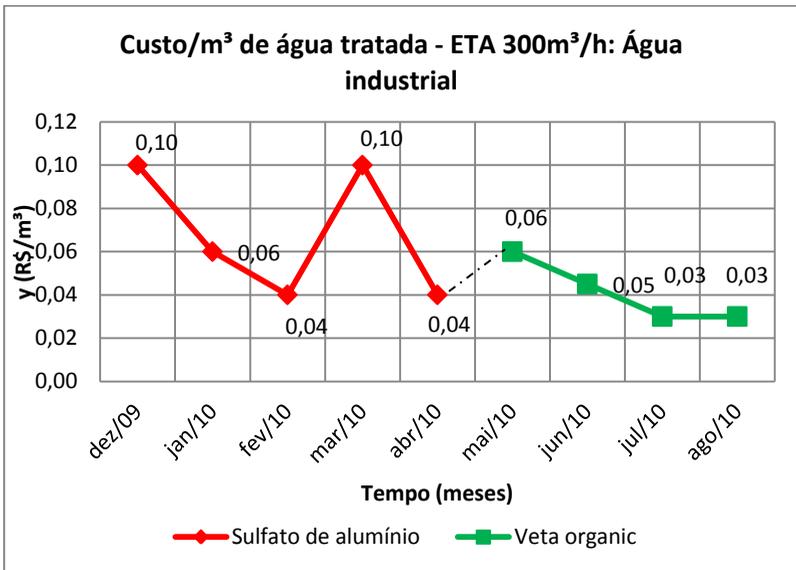


Gráfico 14: Custo do tratamento por volume de água tratada - ETA 300m³/h

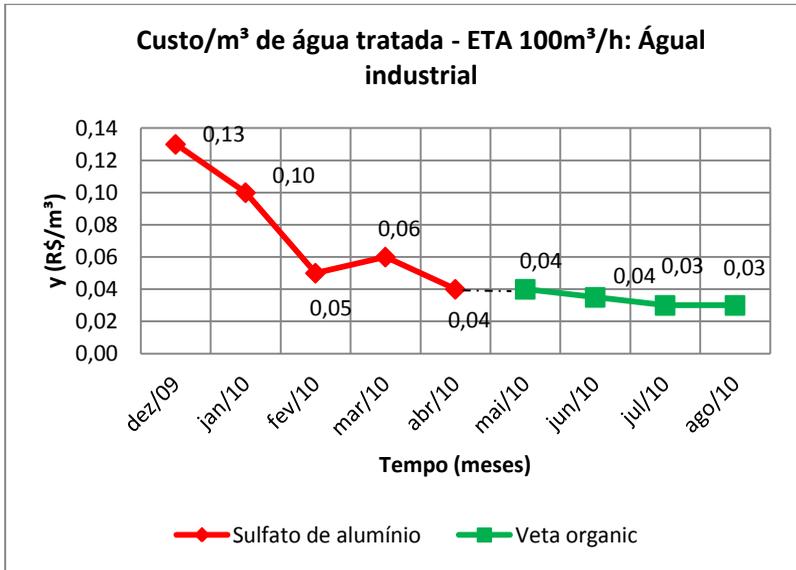


Gráfico 15: Custo do tratamento por volume de água tratada - ETA 100m³/h

Com a instalação do último sistema de tratamento de lodo em maio de 2010, na ETA de 100 m³/h para água industrial na margem direita, o volume de água reaproveitada está destacado abaixo. A tendência do gráfico é crescer, conforme os ajustes dos últimos sistemas instalados.

Até agosto, 38.184.000 litros de água foram reaproveitados no sistema de tratamento de água, deixando de ser descartada no meio ambiente.

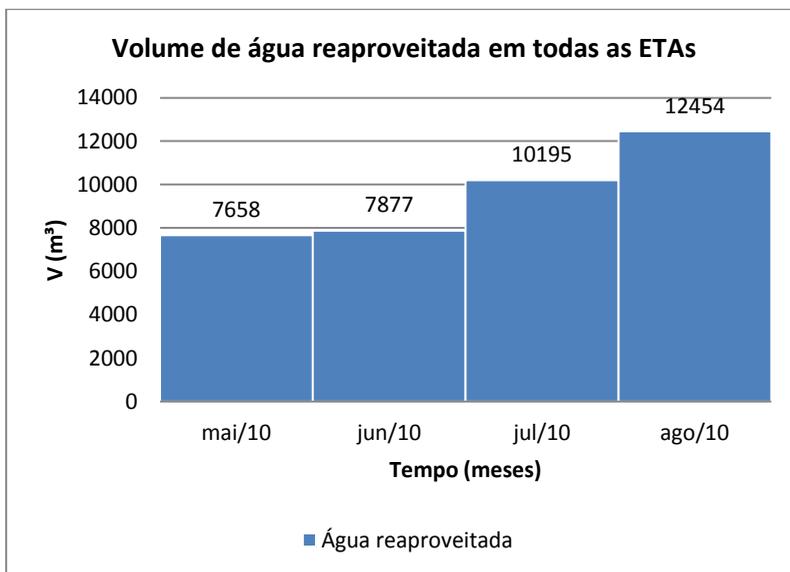


Gráfico 16: Volume de água reaproveitada em todas as ETAs desde a implantação do sistema de tratamento de lodo.

5.1 Comentários

Antes e durante a realização do projeto, alguns problemas foram encontrados:

Percebeu-se inicialmente uma falta de segurança no investimento a ser despendido, já que o Veta Organic é um produto novo no mercado e ainda de baixa utilização, o que fez surgir o desafio de tornar aos olhos dos responsáveis pela gestão do sistema de tratamento, o projeto proposto, um projeto executável;

Houve também a questão da incompatibilidade iônica do polímero auxiliar que estava sendo utilizado com o sulfato de alumínio para floculação do lodo, após a mudança para o reagente Veta Orgânica. Para isto foram realizados diversos testes *in loco*, em parceria com o fornecedor do reagente orgânico, a fim de que se determinasse o melhor produto a ser utilizado para o auxílio na floculação das impurezas;

Outro ponto importante avaliado foi quanto a viabilidade de uso do coagulante orgânico para o tratamento da água local, visto que a eficiência do tratamento com o Veta Organic está diretamente ligada às características físico-químicas da água bruta a ser captada. Para tanto, foram realizados os testes descritos anteriormente nas etapas da metodologia.

Comprovando os resultados positivos obtidos para o contexto do canteiro de obras, destaca-se a disseminação da idéia da ETA com o sistema ecológico para diversas cidades do estado de Rondônia, sendo:

Quadro 1: Cidades rondonienses interessadas no projeto

Machadinho do Oeste	Ouro Preto	Jaru
Ariquemes	Ji-Paraná	Guajará-Mirim
Presidente Médici	Pimenta Bueno	Espigão do Oeste
Rolim de Moura	Colorado do Oeste	Cerejeiras

A replicação do projeto está em fase de estudo para aplicação, dependendo de aprovação das prefeituras.

6. CONCLUSÃO

O reagente orgânico Veta Organic pode ser sugerido para implantação em qualquer sistema de tratamento de água para a coagulação das impurezas da água a ser tratada, porém sua eficiência de tratamento e viabilidade econômica dependem das características físico-químicas da água bruta.

Para o tratamento das ETAs que captam água do córrego São Domingos, com parâmetros de turbidez em torno de 17 NTU e características ácidas (pH médio igual a 5,5), é necessário a correção do pH através da cal hidratada, adição de pequena quantidade de polímero para correção final na floculação e maior consumo do reagente Veta Organic, em relação às outras estações de tratamento do canteiro. Mesmo nestas circunstâncias, os valores de custo com o tratamento ainda situam-se muito abaixo do custo comprovado do projeto com o uso do sulfato de alumínio. Para o tratamento das águas com captação do Rio Madeira não se faz necessária a utilização do da cal hidratada e nem polímero para pequenas correções, tornando o processo ainda mais viável economicamente.

O sistema de tratamento de lodo é adequado, eficiente e viável dentro do contexto da UHE Santo Antônio, visto o ganho ambiental do retorno da água que seria descartada para o meio ambiente, com o reaproveitamento do lodo como adubo.

O projeto trará ao empreendimento uma economia de em torno de 65% do previsto para gastos com reagentes para o tratamento de água e reaproveitamento de 216 milhões de água por ano.

Os ganhos ambientais são intangíveis, mas são comprovados, através das visitas dos órgãos ambientais, bancos financiadores e do cliente, demonstrando grande satisfação quanto à iniciativa de melhorar um sistema que já antes estava atendendo os padrões de potabilidade e qualidade da água de acordo com a Portaria 518/2004.

Este projeto inovador é o primeiro a ser instalado e operado em obras do segmento energético brasileiro e foi além dos conceitos de atendimento aos requisitos legais. Ele se caracterizou pela busca da melhoria contínua do sistema, almejando desde a satisfação do cliente até a sua consolidação como ferramenta motivadora à sociedade local, na disseminação da idéia de sustentabilidade, atendendo assim as competências da empresa responsável pela obra.

6.1 Recomendações

Os resultados obtidos para este projeto resultam de um cenário específico formado pela organização empreendedora, pelos atores externos (empresas terceirizadas, contratos e acordos comerciais, fornecedores, etc.) e fatores relativos à região, os quais juntos contribuíram para a obtenção dos resultados aqui apresentados. Ressalta-se que, para diferentes situações, sejam propostos novos estudos a fim de se estabelecerem as variantes relativas ao dado contexto.

É importante frisar que este projeto considerou apenas o cenário do canteiro de obras da UHE Santo Antônio, realizando suas ponderações dentro de um contexto no qual os objetivos eram, além dos ganhos ambientais, fundamentalmente a redução de custos no orçamento, e a construção de uma imagem ambientalmente responsável junto à sociedade, aos clientes do empreendimento e aos órgãos ambientais fiscalizadores, o que representa um ganho muito importante para os empreendedores da obra.

Sendo assim, sugere-se que para futuros estudos a respeito da viabilidade econômico-ambiental de reagentes orgânicos, sejam realizadas abordagens mais amplas, alargando o foco de estudo não somente para o sistema de tratamento de água, mas para toda a cadeia produtiva dos reagentes, utilizando-se ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida dos componentes para uma análise aprofundada do processo.

REFERÊNCIAS

ABOY, N. 1999. Secagem natural e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Porto Alegre: UFRGS. 101 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre – RS, 1999.

ANDRADE, Rui Otávio Bernardes de; TAKESHY, Tachizawa; CARVALHO, Ana Barreiros de. Gestão Ambiental: Enfoque Estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: MAKRON books, 2000

ANTUNES, Adelaide; PEREIRA JUNIOR, Nei; EBOLE, Maria de Fátima (Org.). Gestão em biotecnologia. Rio de Janeiro: E-papers, 2006. 324 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001/2004. Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientações para Uso. Rio de Janeiro. 27p

ARBOLEDA, J. V. 1973. Teoría , diseño y control de los procesos de clarificación del agua. CEPIS, 558p.

AWWA – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water treatment plant waste management. American Water Works Research Foundation, Denver, 1987, 459p.

BARBIERI, José Carlos. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo, Ed. Saraiva 2004.

BIDONE, F. R. A., CASTRO, C. M. B. e ABOY, N. 1997b. Monitoramento de parâmetros físicos/químicos de lodos de ETAs durante a sua desidratação em leitos de secagem com diferentes espessuras de leito drenante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (19.: 1997, Foz do Iguaçu) Anais. Rio de Janeiro: ABES Tema II, n. 28, 11p.

BWE – BRAZILIAN WATTLE EXTRACTS. Tratamento de água potável. BWE – Indústria Química , Boletim Técnico. Canos-RS, 2009, 3p.

BOLTO, B.; GREGORY, J. Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water Research*, v.41, n.11, p.2301-2324, 2007.

BRUNDTLAND REPORT. Our common future: World Commission on Environment and Development. New York: Oxford University Press, 1987. 383 p.

BUARQUE, Sérgio C. et al. Construindo o desenvolvimento local sustentável: metodologia de planejamento. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 183 p.

CAMPOS, Sandro Xavier; DI BERNARDO, Luiz; VIEIRA, Eny M.. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DAS SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA EFICIÊNCIA DA COAGULAÇÃO COM SULFATO DE ALUMÍNIO. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, São Paulo, v. 10, n. 3, p.194-199, jul./set.. 2005.

CANTER, Larry. Environmental impact assessment. New York: McGraw Hill, 1977. 331p.

CANTER (1977), DIEFFY (1975); In: LACERDA NETA, Z.F. Gerenciamento Ambiental. Módulo 1c: Avaliação de Impacto Ambiental. UFBA, Escola Politécnica (D.H.S). Salvador, 1998.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução Nº 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

CORDEIRO, J. S. 1981. Disposição, tratabilidade e reúso de lodos de estações de tratamento de água. São Carlos: USP. 155 p. Dissertação (Mestrado): Universidade de São Paulo. Departamento de Hidráulica e Saneamento. São Carlos, BR-SP, 1981.

COSTA, Carina M. L.; LODI, Paulo C.; COSTA, Yuri D. J. e BUENO, Benedito S.. Avaliação de recomendações normativas sobre o uso de ensaios no controle de qualidade de fabricação de geossintéticos. Polímeros [online]. 2008, vol.18, n.2, pp. 158-169. ISSN 0104-1428. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282008000200014>.

DEZOTTI, Márcia (Org.). Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. 5. ed. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2008. 360 p.

DI BERNARDO, A., DI BERNARDO, L. e CENTURIONE FILHO, P. L. 2002. Ensaio de tratabilidade de água dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: RiMa Editora, 2002, 237p.

DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato Arnaldo (Org.). Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade. São Paulo: Senac, 2005.

DULIN, B.E. e KNOKE, W. R. , The Impact of Incorporated Organic Matter on the Dewatering Characteristics of Aluminum Hydroxide Sludges , Journal AWWA, 81 (5) May 1989. p. 73-79.

EMBRAPA. 2002. Cultivo da acácia negra. Site: sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br . Colombo-PR, 2011. Acesso: Novembro de 2011.

EMÍDIO, Teresa. Meio ambiente e paisagem. São Paulo: Senac São Paulo, 2006. 324 p.

FERREIRA FILHO, Sidney Seckler e ALVES, Rosemeire. Técnicas de avaliação de gosto e odor em águas de abastecimento: método analítico, análise sensorial e percepção dos consumidores. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2006, vol.11, n.4, pp. 362-370. ISSN 1413-4152. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522006000400009>

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2006. 859 p.

HUESKER - Huesker GmbH Engenharia com Geossintéticos. Catálogo Geofôrma SoilTain DW, solução versátil e econômica. 2009. Disponível em: www.huesker.com.br

JONG, E. V., NOLL, I. B., LAMB, L. e GOSMANN, M. 2001. Taninos: novas tendências no tratamento de água para abastecimento. In: Simpósio de toxicologia – agricultura e preservação da qualidade da água; arquivo F1309. Biblioteca ICTA/URGS.

MANCUSO, P.C.S. e SANTOS, H.F. 2003. Reúso de água. Barueri, SP: Ed. Manole. 2003. 1ª ed. 576 p.

MAWHINNEY, Mark. Sustainable development: understanding the green debates. Oxford: Blackwell Science, 2002.

MIERZWA, José Carlos; SILVA, Maurício Costa Cabral da; RODRIGUES, Luana Di Beo e HESPANHOL, Ivanildo. Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. Eng. Sanit. Ambient. [online]. 2008, vol.13, n.1, pp. 78-87. ISSN 1413-4152. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522008000100011>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. Portaria MS 518 de 25 de março de 2004. 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. Diário Oficial da União. Brasília-DF.

MONTGOMERY, J. Water treatment: principles and design. 2ª edição, New York, John Wiley & Sons, 1968 p. 2005.

MÜLLER, A.C., 1995, Hidrelétricas, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo, Makron Books.

PINTO, Luiz Fernando da Silva. Gestão-cidadã: ações estratégicas para a participação social no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Fgv, 2003. 436 p.

RAMOS, Erasmo Marcos. Direito ambiental comparado: Brasil-Alemanha-EUA: uma análise exemplificada dos instrumentos

ambientais brasileiros à luz do direito comparado. Maringá: Midiograf, 2009. 259 p.

REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3 revisada e ampliada São Paulo: Escrituras Editora e Distribuição de Livros Ltda., 2006. 753 p.

REVORA, S. A., 1987, Manual de Gestion Ambiental para Obras Hidraulicas de Aprovechamento Energetico, Buenos Aires, Secretaria de Energia da República Argentina.

SÁNCHEZ-MARTIN, J.; BELTRÁN-HEREDIA, J.; SOLERA-HERNÁNDEZ, C. Surface water and wastewater treatment using a new tanninbased coagulant. Pilot plant trials. Journal of Environmental Management, v.91, n.10, p.2051-2058, 2010.

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, V. L.; FLORES, E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw and screened swine manure. CLEAN – Soil, Air, Water, v.37, n.3, p.239-244, 2009.

STAKE, Linda. Lutando por nosso futuro em comum. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

TAUK, Sâmia Maria. Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar. Editora UNESP, 206 pg. 2008

VANACÔR, Romualdo Nunes. Avaliação do coagulante orgânico Veta Organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto De Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2005.

VEIGA, José Eli da. Desenvolvimento sustentável: desafio do século XXI. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 220 p.

VERANUSSO, C. E. 1999, Tanfloc. Site: www.tratamentodeagua.com.br. São Paulo. Acesso: novembro 2011.

VITERBO JÚNIOR, Ênio. Sistema integrado de gestão ambiental: como implementar a ISO 14000 a partir da ISO 9000, dentro de um ambiente de GQT. São Paulo: Aquariana, 1998. 231p.

ZILBERMAN, Isaac. Introdução à engenharia ambiental. Canoas: Editora da Ulbra, 1997.