

Manual de controle operacional do sistema de tratamento de efluente da indústria de beneficiamento de granito

Wagner Moreira de Almeida
Aluno de graduação em Química Industrial pela UEPB – Campina Grande - PB

Antônio Augusto Pereira de Sousa.
Prof. D. Sc. Da UEPB Campus de Campina Grande - PB

Aline Carla de Medeiros
Licenciada em Biologia –UVA–Ceará E-mail:alinecarla.edu@gmail.com

Patricio Borges Maracaja
Prof. D. Sc. da UFERSA – Mossoró RN

RESUMO - O presente trabalho trata sobre o controle operacional da estação de tratamento de efluente (ETE) de uma indústria de beneficiamento de granito. O tratamento por auxílio de agente coagulante se constitui como um dos processos mais utilizados devido à elevada eficiência na diminuição dos sólidos totais do efluente. Neste trabalho são apresentados, de forma sucinta e objetiva, os componentes de uma ETE pelo processo de decantação. Neste manual está descrito todo o processo de tratamento e as análises realizadas para controle operacional da ETE. A construção do manual visou disponibilizar material para consulta aos operadores da ETE da Empresa GRANFUJI Ltda., local que foi realizado o presente trabalho. O objetivo do manual é descrever o monitoramento e controle do sistema de tratamento de efluente do processo produtivo da indústria de beneficiamento de granito.

Palavras chaves: meio ambiente, poluição, tratamento

Manual of operational control of the effluent treatment system of the granite processing industry

SUMMARY - The present work deals with the operational control of the effluent treatment plant (ETE) of a granite beneficiation industry. Treatment by coagulant agent is one of the most used processes due to the high efficiency in the reduction of the total solids of the effluent. In this work the components of an ETE by the decanting process are presented, succinctly and objectively. This manual describes the entire treatment process and the analyzes performed for operational control of the TEE. The construction of the manual aimed to make available material for consultation to the operators of the ETE of the Company GRANFUJI Ltda., Place where the present work was carried out. The purpose of the manual is to describe the monitoring and control of the effluent treatment system of the granite processing industry.

Keywords: environment, pollution, treatment

INTRODUÇÃO

A OPAS - Organização Pan Americana de Saúde (2008), estima que sejam ideais 189 L/dia de água para cada pessoa manter sua sobrevivência de acordo com os padrões de vida atuais. Esta quantidade é suficiente para atender as necessidades de consumo, higiene e preparo de alimentos, embora 75% do planeta sejam ocupados por água, sendo 97% de água salgada, 2% formam geleiras inacessíveis e apenas 1% é água originária dos rios e lagos que pode ser usada pelo homem. Contudo, enfrenta-se a freqüente exploração irracional da água doce armazenada nos lençóis subterrâneos comprometendo as bacias hidrográficas. Conclui-se então que a água merece total atenção no sentido de evitar que acabe para o uso potável.

A sociedade necessita do progresso e desenvolvimento industrial, principalmente com atuação responsável e ecologicamente correto, buscando a sustentabilidade do meio ambiente e das pessoas. Neste contexto, a atividade de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais contribui efetivamente para o progresso das nações. Por outro lado, dentro da indústria de beneficiamento de granito existe a atividade de desdobramento e polimento que provoca impactos ambientais, inclusive com a necessidade de grande volume de água para o processo industrial.

Entretanto, as indústrias de beneficiamento de granitos possuem sistemas simplificados de tratamento de água do processo, composto basicamente de floculação, decantação e filtração rápida, tendo ainda a instalação de filtro-prensa para otimização de espaço e acondicionamento da lama abrasiva e recuperação de água, viabilizando a reciclagem do efluente do processo industrial.

Desta forma, para o consumo de água no processo produtivo de beneficiamento de granito deve-se buscar técnicas e tecnologias para eliminação ou redução dos impactos ambientais, através de constantes monitoramentos e gerenciamento ambiental adequado, especialmente na preservação de um recurso natural como a água que têm grande importância para sociedade. Neste contexto, foi realizado este trabalho de monitoração e controle da água de processo da Indústria GRANFUJI Ltda, situada em Campina Grande – PB, tendo em vista a adoção de prática em busca da otimização e eficácia no uso racional deste efluente industrial.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

INDÚSTRIAS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores mundiais no setor de rochas ornamentais e de revestimento, e, estima-se a existência de 11.100 empresas atuantes neste setor, sendo que cerca de 80% da produção, beneficiamento, consumo interno e exportações estão concentrados na região sudeste, que apresenta os principais aglomerados de lavra e beneficiamento. O

Espírito Santo ocupa a primeira posição e responde com cerca de mais de 50% do que é produzido pela região. Atualmente, o estado da Paraíba tem despontado com grande potencial neste setor, inclusive com capacidade instalada de beneficiamento anual de aproximadamente cem mil metros quadrados (CHIODI FILHO, 2002).

O beneficiamento dessas rochas envolve várias etapas. A primeira delas é responsável pela extração dos blocos a céu aberto nas grandes jazidas. Na segunda se processa então o desdobramento dos blocos ou o também chamado beneficiamento primário. Os blocos possuem dimensões médias em torno de 190 x 180 x 300 mm e pesam em torno de 30 toneladas, dimensões estas que variam de modo a obter-se um melhor aproveitamento do material durante a extração e de maneira que possibilitem o transporte até as serrarias. Nas serrarias ocorre a transformação dos blocos em chapas com espessuras padrão de 15, 20 ou 30 mm, através da utilização de máquinas apropriadas chamadas teares. Finalmente a próxima etapa é a transformação das placas em produto final através do uso de equipamentos chamados politrizes. É realizado o levigamento (uniformização da superfície), polimento, lustração, corte e acabamento de maneira a se adequar com as especificações que o produto final requer (PEYNEAU E PEREIRA, 2004).

No Brasil, as indústrias de granito vêm preocupando ambientalistas, empresários e governantes pelo elevado consumo de água durante o processo do beneficiamento de granito. Por outro lado, todas estas indústrias reciclam a água do processo produtivo, algumas com sistemas precários de decantação e a grande maioria com sistemas simplificados de tratamento de efluente (floculação, decantação e filtro-prensa). Contudo, não existe plano de monitoramento e controle de tratamento de efluente para as indústrias de beneficiamento de granito, devido principalmente pela grande variedade dos diversos tipos de granitos beneficiados.

IMPORTÂNCIAS DO TRATAMENTO E REUSO DO EFLUENTE

A escassez de água doce, associada a sua má distribuição espaço-temporal, tanto em termos de quantidade como de qualidade, vem se tornando um motivador de intensas discussões políticas e acadêmicas em busca de soluções permanentes (CHIODI FILHO, 2002).

Atualmente existem diversos sistemas de tratamento de efluentes industriais visando à adequação e atendimento as legislações e normas ambientais para o lançamento e descarte correto no meio ambiente. Além disso, a conservação e reuso do efluente Industrial apresenta os seguintes benefícios (FIESP, 2007).

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

- Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, possibilitando melhorar a qualidade das águas;
- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada.

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

- Conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos no Brasil;
- Redução dos custos de produção;
- Aumento da competitividade do setor;
- Habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos órgãos responsáveis pela cobrança do uso da água.

BENEFÍCIOS SOCIAIS

- Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;
- Melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Os sistemas de tratamentos de efluentes objetivam primordialmente atender à legislação ambiental e em alguns casos ao reuso de águas. Para a definição do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias.

Segundo Giordano (2004), os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos e ou das operações unitárias utilizadas em estação de tratamento de efluentes - ETE.

Processos Físicos

São os processos que basicamente removem os sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes através de processos físicos, dentre eles: o gradeamento, sedimentação e flotação (GIORDANO, 2004).

Os processos físicos numa ETE também são capazes de remover a matéria orgânica e inorgânica em suspensão coloidal e reduzir ou eliminar a presença de microrganismos tais como processos de filtração em areia e processos de filtração em membranas (micro filtração e ultra-filtração). Alguns processos físicos também são utilizados unicamente com a finalidade de desinfecção, tais como a radiação ultravioleta.

Gradeamento

É uma operação utilizada para a remoção de materiais sólidos grosseiros, capazes de causar entupimentos e aspecto desagradável nas unidades do

sistema de tratamento. A finalidade fundamental da remoção de sólidos grosseiros é condicionar os efluentes para posterior tratamento ou lançamento em um corpo receptor. São utilizadas grades mecânicas ou de limpeza manual, com a abertura das malhas da grade variando conforme os objetivos da operação de remoção dos sólidos. Também pode ser classificadas como grades de grande ou pequena abertura (DEZOTTI, 2008).

As grades de grande abertura são usadas, principalmente, como dispositivos de proteção dos equipamentos (bomba de circulação, grelha de arrasto de sólidos do fundo de decantadores, raspadores de fundo, entre outros). Em alguns casos extremos podem ainda ser utilizados dispositivos para a fragmentação prévia dos sólidos de grandes dimensões, denominados de fragmentadores ou picadores.

As grades de pequena abertura podem substituir os decantadores, em comparação com eles essa grade apresenta a seguinte desvantagem: entopem com grande frequência, interrompendo conseqüentemente a operação.

Os resíduos sólidos retidos nas grades podem ser depositados em aterros sanitários, incineração ou, mais comumente por decomposição anaeróbica. A limpeza das grades deve ser feita periodicamente por meio mecânico – manual/automático.

Sedimentação

A sedimentação é uma operação empregada para a remoção de sólidos em suspensão não retidos pelas grades, sendo esta uma operação unitária bastante convencional para separação sólido-líquido, baseando-se na diferença de densidade entre ambas as fases. O processo de sedimentação é uma das etapas de clarificação (quando o interesse é obter um líquido sobrenadante “purificado”), devendo ser aplicado conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento (GIORDANO, 2004).

Na decantação a separação mecânica de partículas pode ser realizada por centrifugação ou filtração (ex: separar cristais e sal da solução-mãe), por classificação ou Penetração (ex: separar diferentes frações de um mineiro moído) e por sedimentação (ex: separação de lamas do líquido).

Conforme Dezotti (2008), os principais tipos de sedimentação são:

Sedimentação discreta: ocorre em baixa concentração de sólidos em suspensão. As partículas decantam como entidades individuais, sem a interação com partículas vizinhas. Este é o tipo que ocorre nas caixas de areia;

Sedimentação floculante: diz respeito à suspensão diluída que floculam durante a operação de sedimentação. Por floculação, as partículas aumentam de massa e decantam às taxas mais elevadas. Ocorre nos decantadores primários das ETE's;

Sedimentação zonal: a sedimentação se dá na forma de um bloco. Aparece quase que instantaneamente

uma interface límpida, sólido-líquido, que vai baixando na bacia de sedimentação como um todo. Por exemplo, a sedimentação do lodo ativo no sedimentador secundário e a sedimentação de flocos de hidróxido de alumínio resultantes do processo de coagulação-floculação (tratamento físico-químico) de despejos oleosos (emulsões);

- Compressão: refere-se à decantação na qual a concentração das partículas é alta e que a sedimentação ocorre apenas por compressão da estrutura. Alguns autores associam este tipo de sedimentação à zonal. Ela ocorre nas camadas mais baixas (profundas) do decantador secundário de lodo (espassamento);
- Sedimentação de uma partícula discreta: seja uma partícula esférica de massa específica, imersa em um líquido de massa específica; passando algum tempo, a partícula entra em regime estacionário e a velocidade de queda fica uniforme. Isto se deve ao equilíbrio entre as forças de arrasto, empuxo e peso.

Segundo Carvalho (2007), vale ressaltar que para o processo de agitação, deve-se considerar a velocidade pequena (formação dos flocos diminui dificultando a decantação) e a velocidade muito alta (agitação violenta onde há formação dos flocos e depois a quebra dos mesmos em partículas menores retardando a decantação).

Embora existam tabelas que relacionem a turbidez com a quantidade de coagulante, apenas ensaios do jarro teste é que diz a quantidade exata de dosagens, maiores dosagens de coagulantes reduzem a quantidade de reagentes para desinfecção.

Flotação

As águas residuais e potáveis, em quantidades diferentes, contêm materiais suspensos sólidos que podem sedimentar e/ou sólidos dispersos que não sedimentam por efeito da gravidade. Uma parte considerável desses sólidos que não sedimentam podem ser colóides. Nos colóides, cada partícula encontra-se estabilizada por uma série de cargas (elétricas) superficiais do mesmo sinal as quais geram entre si repulsão eletrostática. Uma vez que este fenômeno impede o choque entre as partículas, não existe tendência natural para que as partículas formem agregados de maiores dimensões, designados por flocos. As operações de coagulação e floculação desestabilizam os colóides conseguindo a sua sedimentação. Isto se consegue em geral pela adição de agentes químicos aplicando energia de mistura – agitação (TRINDADE, 2006).

Determinação da concentração de coagulante a ser utilizado no tratamento dos efluentes

Conhecido por *alumen* ($Al_2[SO_4]_3$), o sulfato de alumínio é provavelmente o coagulante mais usado, sendo a sua ação efetiva no intervalo de pH entre 6 e 8. É geralmente comercializado na forma de pó seco ou em solução concentrada. O *alumen* comercial não possui uma

fórmula química exata devido à variação da quantidade de água de hidratação ligada à molécula de sulfato de alumínio. Em solução aquosa, o *alumen* pode reagir com hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos e outros ânions para formar íons carregados positivamente. O dióxido de carbono (CO_2) e íons sulfato (SO_4^{2-}) são geralmente subprodutos destas reações de complexação. O *alumen* atua como um ácido reduzindo significativamente o pH (e, portanto a alcalinidade) da água. É importante que a suspensão aquosa contenha suficiente alcalinidade para que a adição do *alumen* não desloque o pH para valores excessivamente baixos, (TRINDADE, 2006).

Numa base teórica, 1,0 mg/L de sulfato de alumínio anidro reage com: 0,5 mg/L de alcalinidade como carbonato de cálcio, 0,33 mg/L de cal a 85% como óxido de cálcio e 0,39 mg/L de cal hidratada a 95% como hidróxido de cálcio. Em certas situações, o *alumen* pode ser efetivo na gama de pH entre 5,5 e 7,8; mas a melhor região para a maior parte das águas situa-se entre 6,8 e 7,5. Abaixo de um pH de 5,5 a alcalinidade da água é insuficiente para potenciar o *alumen* como agente coagulante, pois os íons alumínio tornam-se solúveis e não precipitam. Quando o pH está acima de 7,8 após a adição do *alumen*, os íons alumínio tornam-se também solúveis e a eficiência da coagulação baixa (TRINDADE, 2006).

Em água o *alumen* produz um floco pequeno e esponjoso não sendo muito usado no tratamento primário de águas residuais devido à elevada carga contaminante da água. No entanto, o seu uso é generalizado no tratamento de água potável e na redução de colóides orgânicos e fósforo em tratamento terciário de águas residuais. A dosagem de coagulantes em ETE's que estão em operação é realizada por um teste simples, conhecido como jarro teste.

O jarro teste é um método ainda bastante empregado em estações de tratamento de água e efluentes; este método é realizado para se conhecer a quantidade mínima de coagulante a ser aplicada no efluente para se obter uma floculação ideal. A dosagem ótima de coagulante será a usada na cuba do jarro teste que produzir os melhores flocos e fornecer o melhor sobrenadante.

Por este ensaio determina-se a condição ótima para floculação de um efluente caracterizado pelo tempo e agitação necessária, para tanto, uma vez determinada a dosagem ótima dos coagulantes, deve-se verificar qual o tempo, e qual o gradiente de velocidade ótimo para se flocular o efluente em estudo. Além disso, deve-se verificar se a floculação obtida fornece um efluente que após a sedimentação apresentará uma grande redução de turbidez.

Numa estação de tratamento de água ou de efluente a contínua variação nestas variáveis, demonstrou ser o jarro teste um método de acompanhamento e controle eficaz no dia a dia da operação das condições de sedimentação (SOARES, 2004).

As fases do ensaio do jarro teste correspondem na prática às três etapas do processo: dispersão rápida do

coagulante (coagulação), floculação e decantação. A quantidade exata de coagulante a ser usada, será determinada pela adição de quantidades crescentes do coagulante num pH predeterminado.

Os termos coagulação e floculação utilizam-se indistintamente em relação à formação de agregados de partículas. No entanto, convém salientar as diferenças conceituais entre estas duas operações. Geralmente, a confusão provém do fato de ambas as ações (coagulação e floculação) decorrerem simultaneamente. Em rigor, a coagulação corresponde ao fenômeno de desestabilização da suspensão coloidal, enquanto que a floculação limita-se às ações de transporte das partículas coaguladas para provocar colisões entre elas promovendo a sua aglomeração (TRINDADE, 2006).

A etapa da aglomeração das partículas é feita após a coagulação na fase de mistura rápida. O normal da floculação é ser feita em 10 a 15 minutos com agitação moderada. No entanto, podem ocorrer situações onde é preciso ter de 20 a 60 minutos de floculação (SOARES, 2004).

Processos Químicos

São considerados como processos químicos esses que utilizam produtos químicos, tais como: agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento; através de reações químicas promovem a remoção dos poluentes ou condicionem a mistura de efluentes a ser tratada aos processos subsequentes.

Segundo Giordano (2004), os principais processos encontram-se listados a seguir:

- Clarificação química (remoção de matéria orgânica coloidal, incluindo os coliformes);
- Eletrocoagulação (remoção de matéria orgânica, inclusive de compostos coloidais, corantes e óleos/ gorduras);
- Precipitação de fosfatos e outros sais (remoção de nutrientes), pela adição de coagulantes químicos compostos de ferro e ou alumínio;
- Troca iônica.

Clarificação de efluentes

Os processos físico-químicos aplicados com o objetivo de clarificar efluentes são baseados na desestabilização dos colóides por coagulação, seguido da floculação e separação de fases por sedimentação ou flotação. Os colóides podem ser formados por microorganismos, gorduras, proteínas, e argilas, estando o diâmetro das partículas coloidais na faixa de 0,1 de 0,01µm. A desestabilização de colóides pode ser conseguida por diversos meios: o calor, a agitação, agentes coagulantes químicos, processos biológicos, passagem de corrente elétrica (eletrocoagulação), ou ainda a eletrocoagulação com a adição de coagulantes químicos (GIORDANO, 2004).

A adição de agentes coagulantes (sais de ferro ou alumínio) é muito utilizada, sendo também eficaz para a remoção de fósforo, tendo como desvantagens o custo dos produtos químicos e o maior volume de lodo formado. As grandes vantagens são a praticidade e a boa qualidade dos efluentes obtidos.

A eletrocoagulação é a passagem da corrente elétrica pelo efluente em escoamento pela calha eletrolítica, sendo responsável por diversas reações que ocorrem no meio: a oxidação dos compostos; a substituição iônica entre os eletrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a conseqüente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução e a desestabilização das partículas coloidais (GIORDANO, 2004).

Processos Biológicos

Os processos biológicos, inicialmente desenvolvidos para tratamento de esgotos, são, em geral, os mais eficientes para o tratamento de efluentes contendo material orgânico biodegradável e consistem, basicamente, em colocar em contato o efluente com uma cultura adequada de micro-organismos, os quais irão degradar os compostos orgânicos presentes no efluente (GIORDANO, 2004).

MANUTENÇÕES DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A evolução da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico industrial da humanidade. Com o surgimento das indústrias, surgiu a necessidade da execução de pequenos reparos, que eram executados pelo próprio pessoal da operação. Com a implantação do sistema de produção em série, instituída por Ford¹ no início do século, as empresas passaram a programar sua produção com o intuito de atendimento de demanda. Em conseqüência disto surgiram as primeiras equipes de manutenção corretiva para a realização de reparos nas máquinas com intuito de diminuir o tempo de parada. Esta situação durou até a década de 30, com o início da segunda guerra mundial as empresas passaram para um maior nível de produção devido ao aumento da demanda. Surge então a manutenção preventiva baseada em tempo, haja vista que o foco da manutenção passou do apenas corrigir para o de evitar que as falhas acontecessem (ABRAMAN, 2005).

Segundo Jerzy (2005), cronologicamente, a manutenção, como uma função na atividade industrial, passou a merecer maiores cuidados e dedicação através de estudos e reconhecimento de sua importância. Diante deste quadro a manutenção é considerada fator de qualidade e produtividade revertendo todo o seu passado.

Objetivo e Tipos de Manutenção

A contribuição da manutenção dentro de um sistema produtivo pode ser resumida como a maior disponibilidade confiável da planta industrial ao menor custo. O que por sua vez, como esses próprios autores alertam, resume-se em quanto maior esta disponibilidade menor a demanda de serviços e conseqüentemente, de custo, favorecendo o crescimento da produtividade da manutenção. Para realização desse objetivo encontram-se definidos os métodos de manutenção, ou seja, a maneira pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações caracterizam os vários tipos de manutenção existentes.

Segundo Xavier (2005), os tipos de manutenção existentes são:

- **Manutenção corretiva não planejada:** É a atuação para correção da falha ou do desempenho menor que o esperado do equipamento. Caracteriza-se pela ação, sempre após a ocorrência da falha, não esperada, e sua adoção levam em conta fatores técnicos e econômicos. A manutenção corretiva possui um alto custo, pois a quebra inesperada pode provocar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção, pois não existe um planejamento prévio para a execução. Quando uma organização possui o maior número de manutenção na classe não planejada o seu desempenho empresarial esta aquém das solicitações do mundo competitivo;
- **Manutenção corretiva planejada:** A manutenção corretiva planejada é caracterizada pela correção da falha de forma planejada quando temos uma diminuição do desempenho ou dependendo da opção gerencial do equipamento operar até quebrar. A decisão da adoção da política da manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores tais como: negociação da parada com a produção, aspectos ligados à segurança, melhor planejamento dos serviços, garantia de ferramenta/peças sobressalentes, busca de recursos humanos com tecnologia externa. A manutenção corretiva planejada possibilita o planejamento dos recursos necessários para a operação, uma vez que a falha é esperada;
- **Manutenção preventiva:** É a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Quanto mais complexo o equipamento ou processo torna-se mais complicada a sua utilização, pois para a sua realização tem que se paralisar o processo produtivo, gerando impacto na produção. A filosofia deste método é bastante válida do ponto de vista da confiabilidade, embora na prática ocorra resultado indesejável como a introdução de falhas humana, defeito de material novo aplicado ou a instalação de matérias recondicionadas. Por este motivo que na medida do possível é recomendável a manutenção preditiva;
- **Manutenção preditiva:** A manutenção preditiva, também conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento, é caracterizada pelo monitoramento de modificação dos parâmetros e condições

de desempenho do equipamento, sendo realizado através de uma rota de pontos de medição a serem monitorados. A manutenção preditiva veio a alavancar as melhores práticas de execução de manutenção, pois os equipamentos são monitorados sem parada de produção, aumentando a disponibilidade do sistema, sendo a que gera menor impacto no processo de produção;

Manutenção detectiva: A manutenção detectiva é atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade do sistema. Fica evidente que ter o domínio da situação é o ideal para a função manutenção;

Engenharia de manutenção: É deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de viver com problemas crônicos melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, interferir tecnicamente nas compras.

Engenharia de Manutenção - “é o conjunto de atividades que permite que a confiabilidade seja aumentada e a disponibilidade garantida”. Ou seja, é deixar de ficar consertando — convivendo com problemas crônicos —, mas melhorar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, dar *feedback* ao projeto e interferir tecnicamente nas compras. Quem só faz a manutenção corretiva continua “apagando incêndio”, e alcançando péssimos resultados. Desta forma, a organização que utilizar a manutenção corretiva, mas incorporando a preventiva e a preditiva, rapidamente estará executando a engenharia de manutenção (XAVIER, 2005, p. 5).

Segundo a ABNT (NBR 5462-1994), as definições de tipos de manutenção são:

Manutenção corretiva: é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida;

Manutenção preventiva: é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item;

Manutenção preditiva: são as manutenções que permitem garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Entre todos os tipos de manutenção nenhuma modalidade substitui outra, porém associadas uma da outra, trarão resultados positivos em termos de performances gerais nas gestões.

DESCRIÇÕES DAS ATIVIDADES DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Descrição do Processo de Desdobramento

O processo de desdobraimento ou serragem dos blocos pode ser descrito, considerando-se duas etapas: lavagem e serragem da rocha.

O processo de serragem inicia-se com a lavagem dos blocos, provenientes da área de extração da rocha ornamental para a retirada de solo que adere ao bloco durante o processo de extração e manuseio para transporte. Após a lavagem dos blocos, estes são fixados com solo-cimento sobre berços e inicia-se a serragem dos blocos através das lâminas dos teares.

O processo é realizado com o auxílio de lama abrasiva, com o objetivo de lubrificar e evitar a oxidação e o aquecimento das lâminas, limpam os canais entre chapas e servir como abrasivo para facilitar a serragem (GONÇALVES, 2000). A lama abrasiva é uma mistura composta de água, granalha metálica de ferro e/ou aço, cal e rocha moída.

Da lavagem dos blocos resultam resíduos líquidos contendo, geralmente argila, areia, pó de rocha, e resíduos sólidos provenientes da varrição da área de estocagem dos blocos.

Da serragem resultam resíduos semi-sólidos e sólidos. Os resíduos semi-sólidos (lama líquida) têm um teor de umidade tal, que permite seu escoamento por tubulações em regime hidráulico e constitui-se no principal resíduo resultante do processo de beneficiamento de RO no que se refere à quantidade gerada. Sua composição é formada pela lama abrasiva, rocha moída e uma parcela de solo-cimento. Já os resíduos sólidos correspondem principalmente do material restante do berço, das lâminas de aço desgastadas e embalagens de produtos (papel, plástico, papelão).

Descrição do Processo de Acabamento

No processo de acabamento ocorre o polimento das chapas brutas (peças serradas) e o corte das chapas polidas em dimensões pré-determinadas, resultando em produtos acabados para a comercialização.

Na atividade de polimento empregam-se máquinas denominadas politrizes que utilizam pastilhas abrasivas. É realizado o levigamento (uniformização da superfície), polimento, lustração, corte e acabamento de maneira a se adequar com as especificações que o produto final requer (PEYNEAU & PEREIRA, 2004).

Os resíduos decorrentes desta etapa do beneficiamento das rochas ornamentais são representados por: resíduos semi-sólidos (lama líquida), contendo material de rocha com fina granulometria e de difícil sedimentação e, resíduos sólidos compostos, principalmente, de restos de abrasivos, material plástico constituinte das pastilhas e embalagens (plásticos, papel, papelão, etc.) de produtos utilizados no processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

ETAPAS DA ETE

A ETE da GRANFUJI consiste em processo físico-químico, realizado através do uso de coagulação/floculação, sedimentação primária e desidratação do material sedimentado por meio de filtro-prensa, conforme detalhado no Fluxograma (Figura 01), a qual vem sendo operada de maneira eficiente.

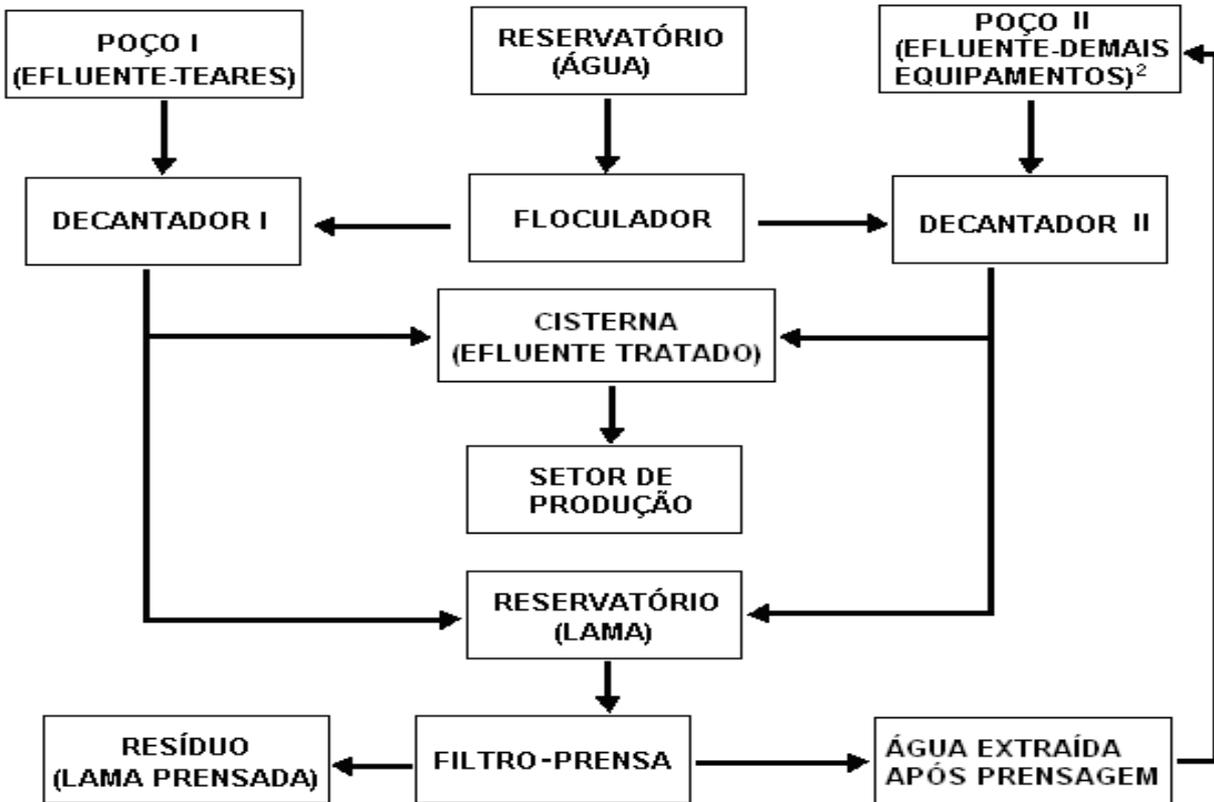


Figura 01: Fluxograma da ETE - GRANFUJI.

Fonte: Autoria própria, 2009. ² Efluentes gerados pelos seguintes equipamentos: Politriz automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de Ladrilhos.

SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA GRANFUJI.

As Figuras 02 a 07 mostram as fotos dos equipamentos utilizados no sistema de tratamento de efluente da GRANFUJI. Estes equipamentos foram importados da Itália, país considerado referência em tecnologia na extração e no beneficiamento de rochas ornamentais, e onde é muito difundido o emprego de estações desse tipo para o tratamento de tais águas residuárias.



Figura 02: Floculador.
Fonte: Autoria própria, 2009.



Figura 03: Agitadores do floculador.
Fonte: Autoria própria, 2009.



Figura 04: Decantador I (Efluente dos Teares); Decantador II (Efluente da: Politriz automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de Ladrilhos).
Fonte: Autoria própria, 2009.



Figura 05: Reservatório de água.
Fonte: Autoria própria, 2009.



Figura 06: Filtro-prensa.
Fonte: Autoria própria, 2009.



Figura 07: Casa de bombas da ETE.
Fonte: Autoria própria, 2009.

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E MONITORAMENTOS DA ETE

Medição da Vazão Afluente da ETE

Inicialmente foi realizada a medição de volumes dos setores da ETE, e a determinação da vazão de água total utilizada no processo industrial, visto que não são utilizados medidores de vazão na indústria. Esta medição de vazão foi feita coletando um volume conhecido de 20 L e marcando o tempo em segundos para enchimento deste volume. Os pontos de medições foram o poço I – P1 (Figura 08) e poço II – P2 (Figura 09).



Figura 08: Poço I (P1) - GRANFUJI.
Fonte: Autoria própria, 2009.



Figura 09: Poço II (P2) - GRANFUJI.
Fonte: Autoria própria, 2009.

Parâmetros Operacionais da ETE

Durante o monitoramento da ETE da GRANFUJI os parâmetros definidos para este estudo foram:

- À caracterização físico-química dos efluentes gerados;
- À determinação da menor quantidade do coagulante a ser utilizado no tratamento dos efluentes;
- A manutenção preventiva das máquinas e equipamentos;
- Ao acompanhamento do roteiro de limpeza;
- E a destinação final adotada para os resíduos sólidos resultantes do sistema de tratamento.

Após a prensagem dos resíduos sólidos, estes devem ser coletados em recipientes adequados (figura 10), efetuando-se os seguintes procedimentos:

- Carregar o caminhão com o recipiente contendo os resíduos;
- Transportar tais resíduos até o local indicado pela empresa e descarregá-los;
- Deve-se, sempre que precisar, solicitar ao responsável técnico da ETE, manutenções ao caminhão, o qual se trabalha.



Figura 10: Resíduo sólido prensado.
Fonte: Autoria própria, 2009.

3.3.3 Análises Físico-Químicas

No monitoramento da ETE da GRANFUJI foram realizadas as seguintes análises físico-químicas:

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Dureza total;
- Sulfato;

- Alcalinidade à fenolftaleína;
- Alcalinidade total;
- Cor aparente;
- Turbidez;
- Sólidos Totais.

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório do SENAI-PB - ALBANO FRANCO em 2009, nos principais pontos de coletas do sistema de tratamento das águas de processo da indústria GRANFUJI. Estes pontos foram amostrados devido à influência que exercem sobre o processo industrial e que são os que apresentam significativa contribuição para a ETE da empresa.

APLICAÇÕES DE COAGULANTES NA ETE

Visando obter a melhor quantidade de agente floculante a ser utilizado no tratamento de efluente do beneficiamento de granito da indústria GRANFUJI, realizou-se o ensaio do jarro teste com o uso do coagulante sulfato de alumínio, no mês de outubro de 2009.

Materiais Usados no Jarro Teste

Nos Ensaios do jarro teste com o Sulfato de Alumínio foram usados os seguintes materiais:

- Aparelho *jar test* compacto Milan Mod. JTC/3P, 200 RPM, (Figura 11);
- Proveta de 1000 ml;
- Balança analítica AY 220 Shimadzu, precisão 0,0001g, laboratório química analítica experimental da UEPB, (Figura 12);
- Sulfato de Alumínio (10g/1000 ml);
- Pipeta graduada de 2,0 ml e 20 ml;
- Becker de 100 ml e 250 ml;



- Phmetro de bolso Phteh, Faixa de 0,0 a 14,00, Modelo Ph 100, (Figura 13).



Figura 11: Aparelho *jar test*.
Fonte: Aatoria própria, 2009.



Figura 12: Phmetro.
Fonte: Aatoria própria, 2009.

Figura 13: Balança analítica.
Fonte: Aatoria própria, 2009.

Métodos Usados no Jarro Teste

O procedimento operacional para realização dos ensaios do jarro teste com o Sulfato de Alumínio:

- Numeram-se cada recipiente do jarro teste com auxílio de um lápis piloto;
Adiciona-se 1000 ml de efluente, do beneficiamento de granito da indústria GRANFUJI, em cada recipiente do jarro teste com auxílio de uma proveta;

- Verifica-se o pH do efluente em cada recipiente do jarro teste, utilizando-se o phmetro digital com variação de escala de 0 a 14;
- Inicia-se o processo de agitação: velocidade rápida (100 RPM) durante 1 minuto;
- Prepara-se a solução de sulfato de alumínio, diluindo-se 10g deste sulfato em 1000 ml de água;
- Colocam-se, com auxílio de uma pipeta, quantidades crescentes de sulfato de alumínio em cada recipiente do jarro teste;
- Mantém-se a velocidade de agitação do efluente em 100 RPM, durante 1 minuto;
- Transcorrido este tempo, diminui-se a velocidade de agitação do efluente em 60 RPM, observa-se e anota-se o tempo de formação de flocos;
- Observa-se o tempo de decantação em cada recipiente do jarro teste;
- Registram-se os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DA ETE

A Tabela 01 mostra as medições diárias realizadas no Poço I (receptor do efluente gerado pelas máquinas: Teares) e no Poço II (receptor do efluente gerado pelas máquinas: Politriz Automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de Ladrilhos).

Tabela 01: Medição de volumes da ETE - GRANFUJI.

Setores da E.T.E	Volume (m ³)/dia
Cisterna (abaixo da casa de bombas)	127,89
Reservatório (água do Lago)	21,08
Decantador I	69,33
Decantador II	183,32
Poço I (P1)	7,42
Poço II (P2)	7,85
Reservatório de lama sedimentada	32,98

Fonte: Aatoria própria, 2009.

POÇO I: Vazão: 4,12 L/s.

POÇO II: Vazão: 28,54 L/s.

ASPECTOS OPERACIONAIS DA ETE

O sistema de tratamento da GRANFUJI tem a separação dos efluentes nas suas origens, em função da etapa do processo industrial, devido às diferentes características físico-químicas encontradas, visando à circulação dos efluentes uma vez tratado.

No processo de desdobramento dos blocos de rochas, onde são utilizados teares com lâminas de aço, são lançadas sobre as mesmas uma mistura de água, cal e granalha de ferro, com objetivo principal de lubrificá-las e aumentar seu poder de corte. Tal mistura é constantemente monitorada pelos operadores das máquinas, controlando-se assim a densidade da lama, a concentração e capacidade de corte da granalha, dosando quando necessário os ingredientes para se manter uma boa qualidade da mistura. Com isso, tornam-se necessárias descargas periódicas da lama para o Poço I da ETE, principalmente devido ao acréscimo do material removido dos blocos de rocha e do desgaste da granalha.

Das elevatórias os efluentes são recalcados separadamente para dois decantadores primários, construídos de forma cilíndrica e em estrutura metálica apoiada no terreno. Na tubulação de recalque dos decantadores dos efluentes, é dosado um coagulante através de bomba dosadora, onde ocorre a mistura rápida do produto com o líquido recalcado.

No interior dos decantadores, o líquido recalcado é introduzido no cilindro, sendo distribuído de forma simétrica, quando, através da velocidade ascensional em direção a canaleta de coleta situada no seu nível máximo, ocorre o destacamento da fase sólida, mais pesada, direcionando-se para o fundo cônico do cilindro. O material sedimentado no fundo de cada cilindro é descarregado através de aberturas periódicas programadas das válvulas de saída, sendo direcionados ao reservatório de lama (figura 14) e enviados pela bomba de recalque para o filtro-prensa. O controle de descarga nos decantadores é feito mediante o preenchimento de uma ficha (APÊNDICE D), que em semanalmente deve ser entregue ao responsável técnico da ETE. Entretanto, vale ressaltar que, o reservatório de lama é composto por agitadores que tem por função evitar que a lama decantada solidifique dentro do mesmo.



Figura 14: Reservatório de lama sedimentada.

Fonte: Aatoria própria, 2009.

Não há a separação do material a ser prensado; descarregando assim o sedimentado de cada um dos decantadores em um mesmo reservatório de lama e enviados ao filtro-prensa.

As telas filtrantes do filtro-prensa são preenchidas com o material recalado pela bomba, até atingir uma pressão de trabalho tal que é interrompido o bombeamento, e iniciado o processo de abertura das telas para descarga do material prensado. O controle operacional do filtro-prensa deve ser feito mediante o preenchimento de uma ficha (APÊNDICE E), e a mesma deve ser entregue, semanalmente, ao responsável técnico da ETE. O líquido separado dos resíduos sólidos pelas telas filtrantes é coletado por canaletas laterais ao filtro-prensa, e direcionado por tubulação ao Poço II da ETE.

Os efluentes uma vez tratados são coletados nas canaletas de superfície dos decantadores, e direcionados a um reservatório enterrado (cisterna), situado abaixo da casa de bombas, que, a partir daí tais efluentes são enviados novamente aos setores de produção.

Parte dos resíduos sólidos provenientes do sistema de tratamento, e uma vez prensados, é encaminhada para estudos de fabricação de tijolos em outro setor da GRANFUJI, e o restante tem destinação final em aterro próprio, que comprovadamente atende as legislações ambientais.

Os efluentes tratados na GRANFUJI são totalmente recirculados ao processo industrial. Tal indústria apresenta um sistema de tratamento primário de efluentes, tratamento este que se caracteriza por: remoção de sólidos em suspensão. É também considerado tratamento primário o condicionamento do despejo visando seu posterior lançamento no corpo receptor ou numa unidade de tratamento subsequente (tratamento secundário/terciário).

A reposição de água devido a eventuais perdas no processo é realizada através da captação de águas pluviais que são armazenadas nos dois lagos (figura 15) da GRANFUJI.



Figura 15: Lago da GRANFUJI.

Fonte: Aatoria própria, 2009.

4.3 CONTROLE OPERACIONAL DA ETE

A seguir são mencionados os painéis de controles, com seus principais comandos, de alguns equipamentos necessários ao funcionamento da ETE, que são:

- 1) No floculador o acionamento da função ligar/desligar deve ser ministrada no painel que encontra-se fixado na lateral do mesmo, conforme figura 16;

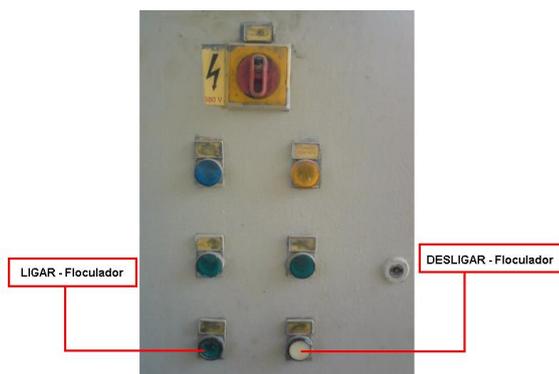


Figura 16: Painel de controle do floculador.
Fonte: Autoria própria, 2009.

- 2) Na casa de bomba, encontra-se fixado em sua parede interna o painel de controle (figura 17) responsável pelo acionamento manual ou automático das bombas dos poços I e II, pelo controle de descarga nos decantadores I e II e pelo envio de coagulante a esses respectivos decantadores;



Figura 17: Painel de controle da casa de bombas.
Fonte: Autoria própria, 2009.

- 3) No filtro-prensa tem-se fixado em sua lateral o seu painel de controle com seus respectivos comandos, conforme figura 18.

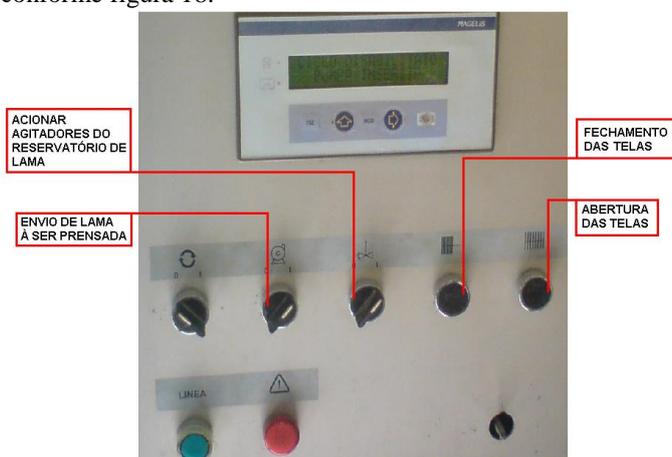


Figura 18: Painel de controle do filtro-prensa.
Fonte: Autoria própria, 2009.

Operação / Manutenção dos Equipamentos

Todos os manuais dos equipamentos da ETE estão disponíveis na sala de manutenção dos mecânicos.

Principais Procedimentos de Manutenção

Como todo equipamento, a Estação de Tratamento de Efluente, da GRANFUJI LTDA, apesar de todos os cuidados quanto ao tratamento anticorrosivo, necessita de cuidados, para garantir sua maior durabilidade. Devido a esse fato devem ser tomadas algumas precauções para garantir a durabilidade estrutural da ETE. São essas:

- Fiscalizar diariamente toda a estrutura física da ETE, identificando e corrigindo possíveis vazamentos;
- Identificar e tratar possíveis pontos de corrosão que surgirem na ETE;
- Limpeza interna dos decantadores, ao menos uma vez ao ano;
- Executar todos os procedimentos de manutenção dos equipamentos da ETE, que serão mencionados mais adiante.

Vale ressaltar que é de fundamental importância que o operador da ETE, utilize os equipamentos de proteção individuais mencionados no Apêndice C, além de seguir o roteiro de limpeza (Apêndice A) e efetuar as tarefas diárias que lhe é concebida (Apêndice B).

PRINCIPAIS PROBLEMAS E SOLUÇÕES

A Tabela 02 mostra os principais problemas e suas respectivas soluções observados na ETE da GRANFUJI, ao longo do desenvolvimento deste manual.

Tabela 02: Principais problemas e soluções da ETE - GRANFUJI.

Problemas	Possíveis Soluções	Soluções
Bombas dos poços não desligam após os mesmos estarem secos.	Desligamento de forma manual das bombas.	Lavagem dos sensores que acionam as bombas dos poços.
Após a prensagem da lama, a mesma permanece aderida as telas do filtro-prensa.		Remoção das placas de lamas aderidas às telas do filtro-prensa com auxílio de um bastão de madeira.

Fonte: Autoria própria, 2009.

RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As águas residuárias do processo de beneficiamento de granito apresentam valores altos para o pH, devido ao uso da cal, e que podem ser recirculadas após tratamento, ainda que com pH alcalino, sem prejuízos à qualidade do processo industrial de desdobramento de blocos. Já os efluentes do processo de polimento e corte das chapas possuem valores de pH mais baixos, e são direcionados ao Poço II da ETE.

Diante os resultados das análises físico-químicas dos efluentes, apresentados na tabela 03, pode-se afirmar que o sistema de tratamento, destinado aos efluentes do beneficiamento de granito, mostra-se significativo, uma vez que se verificou a diminuição de: sais de CaCO_3 , dureza, turbidez e dos sólidos totais. Porém, à concentração de sulfato do floculador, o ideal (conforme o fabricante) seria de 10g/1000 ml, porém a análise mostra que tal concentração apresenta-se abaixo deste valor.

Tabela 03: Resultado das análises físico-químicas da ETE da GRANFUJI.**RESULTADO DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

DATA	PONTOS	DBO ₅ , 20°C (mgO ₂ /L)	DQO (mgO ₂ /L)	Dureza Total (mgCaCO ₃ /L)	Sulfato (mgSO ₄ ²⁻ /L)	Alcalinidade à Fenolftaleína (mgCaCO ₃ /L)	Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ /L)	Cor Aparente (mgPt/L)	Turbidez (FTU)	Sólidos Totais (mg/L)
20/10/2009	P1	3	58	0	31	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
15/10/2009	P2	N.R.	N.R.	282	N.R.	409	499	123	1930	6340
15/10/2009	P3	N.R.	N.R.	731	N.R.	669	818	51	1970	19484
15/10/2009	P4	1	47	106	N.R.	390	462	9	21	1296
14/10/2009	P5	N.R.	N.R.	N.R.	1640	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.

Observações:

- N.R.: Análise não realizada;
- P1: Água do lago da GRANFUJI, que serve de reposição devido a eventuais perdas;
- P2: Efluente bruto dos seguintes equipamentos: Politriz Automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de Ladrilhos da GRANFUJI;
- P3: Efluente bruto dos teares;
- P4: Efluente tratado do reservatório enterrado (cisterna);
- P5: Água do floculador da ETE, com a adição do agente coagulante sulfato de alumínio.

Fonte: Laboratório do SENAI-PB - ALBANO FRANCO, 2009.

DETERMINAÇÕES DA MENOR QUANTIDADE DE SULFATO DE ALUMÍNIO

Receptor do Efluente Gerado pelas Máquinas: Teares.

Na Tabela 04 tem-se um resultado ótimo, por apresentar uma quantidade mínima de sulfato de alumínio com um menor tempo de decantação a serem empregados no tratamento do efluente proveniente dos teares da GRANFUJI.

Tabela 04: Resultado do jarro teste com o sulfato de alumínio no poço I - GRANFUJI.

Sulfato de alumínio – (10g/1000 ml)							
Efluente		Coagulante (ml)	Floculação		Decantação		Resultado
ml	pH	Sulf. Alum.	Tempo (s)	pH	Tempo (min)	pH	
10 ³	11,1	200,0	80	9,0	6:00	8,9	Ótimo

Fonte: Autoria própria, 2009.

Nota: Coleta: 13/10/2009; horário: 14h00min; Temperatura: 26°C.

Captação: Estação de Tratamento de Efluente (ETE) da GRANFUJI.

Receptor do Efluente Gerado pelas Máquinas: Politriz Automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de Ladrilhos.

Na Tabela 05 tem-se um resultado ótimo, por apresentar uma quantidade mínima de sulfato de alumínio com um menor tempo de decantação a serem empregados no tratamento do efluente proveniente dos seguintes equipamentos: Politriz automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de Ladrilhos da GRANFUJI.

Tabela 05: Resultado do jarro teste com o sulfato de alumínio no poço II - GRANFUJI.

Sulfato de alumínio – (10g/1000 ml)							
Efluente		Coagulante (ml)	Floculação		Decantação		Resultado
ml	pH	Sulf. Alum.	Tempo (s)	pH	Tempo (min)	pH	
10 ³	10,4	75,0	85	7,8	3:00	7,7	Ótimo

Fonte: Autoria própria, 2009.

Nota: Coleta: 14/10/2009; horário: 14h00min; Temperatura: 27°C.

Captação: Estação de Tratamento de Efluente (ETE) da GRANFUJI.

Com a realização do jarro teste, observaram-se os efluentes tratados com o coagulante e verificou-se, portanto, que as águas provenientes dos teares, após tratamento, deveriam ser recirculadas somente para os teares, e aquelas provenientes do polimento e corte das chapas, após tratamento, poderiam ser recirculadas seja para o processo de corte, como para o de beneficiamento.

A Figura 19 mostra os recipientes do ensaio do jarro teste com uma concentração de coagulante (sulfato de alumínio), comparando com o efluente sem coagulante.

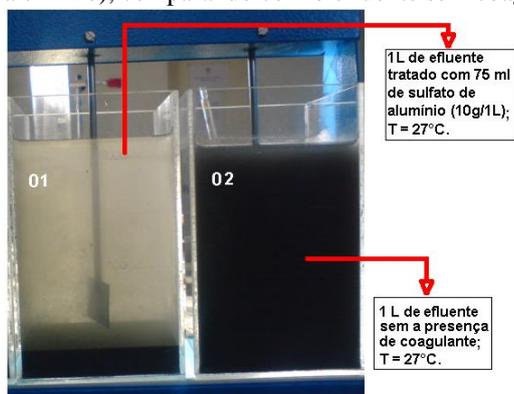


Figura 19: Aparelho jar test - Recipientes com efluente da ETE da GRANFUJI.

Fonte: Autoria própria, 2009.

CONCLUSÕES

Conforme ensaios realizados e nos resultados obtidos através do jarro teste, na indústria GRANFUJI, conclui-se que:

- Para fins de monitoramento da estação de tratamento de efluentes (ETE), devem-se estabelecer programas que sejam representativos do processo de tratamento adotado, ou seja, dos objetivos, das operações unitárias instaladas e dos parâmetros de projeto adotados. O monitoramento da ETE tem primordialmente o objetivo do controle operacional e conseqüentemente o atendimento à legislação ambiental;
- No poço I (P1) encontrou-se um resultado ótimo de coagulante (sulfato de alumínio - 10g/1000 ml), em uma proporção de 200 ml deste coagulante para 1000 ml do efluente gerado pelos teares no processo de beneficiamento de granito, com um período de decantação de 6 minutos, e, uma redução do pH de 11.1 para 8.5;
- No poço II (P2) encontrou-se um resultado ótimo de coagulante (sulfato de alumínio - 10g/1000 ml), em uma proporção de 75 ml deste coagulante para 1000 ml do efluente gerado pelos seguintes equipamentos: Politriz

automática, Freza, Talha-Bloco, Flameadora e Linha de ladrilhos; com um período de decantação de 3 minutos, e, uma redução do pH de 10.4 para 7.7.

RECOMENDAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ETE

Estando a ETE em funcionamento normal, e, com respeito à conservação das instalações, abordam-se a seguir alguns aspectos, que devem ser observados para seu adequado funcionamento.

Além da limpeza periódica de operação da ETE, tal como: limpeza das canaletas, lavagem do piso e do reservatório da lama abrasiva sedimentada, é necessário preservar o aspecto higiênico desta, a exemplo: áreas, jardins, partes externas, entre outros.

A ETE deve ser provida de jardins e arborização adequada, para torná-la agradável, principalmente para os operadores da mesma, como também para visitantes e demais funcionários da indústria; há uma influência psicológica que não deve ser desprezada, ocasionada por áreas bem ajardinadas e arborizadas, a qual inspira maior confiança da empresa perante a sociedade e aos órgãos de

preservação do meio ambiente. Por fim, vale ressaltar que a adoção de um modelo de sistema de manutenção que utilize a manutenção preditiva aponta para uma gestão mais eficaz das máquinas, equipamentos do setor produtivo e das instalações em gerais, garantindo assim maior segurança aos operadores e funcionários da ETE.

Verifica-se com este estudo de caso que as estratégias de manutenção necessitam serem questionadas a todo o momento e precisam ser aplicadas de acordo com a taxa de falha, pois o decréscimo da mesma afetará o alcançar de metas, repercutindo negativamente no crescimento e competitividade da indústria. Contudo, deve-se aplicar uma política de conscientização ambiental, aos operadores e funcionários da ETE, visando obter um ambiente limpo e agradável.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ABRAMAN, **Revista da História da manutenção**. 2005. Disponível em: <<http://www.myq.com.br>>. Acessado em: 10 de Dezembro de 2008.
- CARVALHO, V. F. **Processos Químicos de Tratamento de Efluentes**. 2007. Disponível em: <www.universoambiental.com.br/Arquivos/Agua/ProcessosQuimicosdeTratamentodeEfluentes07.pdf>. Acesso em: 19 de Dezembro de 2008.
- CHIODI FILHO, C. **The dimension of Stones in Brazil**. ABIROCHAS, 2002.
- DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. 1º ed. São Paulo: E-PAPERS, 2008.
- FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e Reuso de Água**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/download/download.asp?.../pdf/.../reuso/Conservacao_e_reuso...Água...Conservacao_e_Reuso...Água...>. Acesso em: 16 de dezembro de 2008.
- GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Rio de Janeiro – RJ. UERJ, 2004. Disponível em: <http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mato_Grosso_UFMT2.pdf>. Acesso em: 12 de janeiro de 2009.
- GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para a produção de concretos**, 2000. 135p. Tese. NORIE/UFRGS. Porto Alegre, 2000. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>> acesso em 20/12/2004.
- JERZY, W. Y. **Manutenção produtiva total, um modelo adequado**. Florianópolis – SC, 2005. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/dissertacao98/jerzy>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2008.
- OPAS – **Organização Pan-Americana de Saúde**. 2008. Disponível em: <<http://www.opas.org.br>>. Acesso em: 20 de Novembro de 2008.
- PEYNEAU, G. O. R & PEREIRA, G. S. **Tratamento dos resíduos provenientes das serragens de granito através da implantação do filtro-prensa**. XXIV ENERGEF. Florianópolis/SC - Brasil. 2004. Disponível em: <http://www.uv.v.br/cursos/publicacoes_EP/2004>. Acesso em: 22 de Novembro de 2008.
- SOARES, H. M. **Jarro teste**. UFSC, 2004. Disponível em: <www.enq.ufsc.br/disci/eqa5517/teste_jarros.pdf>. Acesso em: 11 de Novembro de 2008.
- TRINDADE, T; MANUEL, R. **Ensaio de Tratabilidade em Águas Residuais**. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2006. Disponível em: <http://pwp.net.ipl.pt/deq.isel/teodoro/li6c2006b/pdf/li6c_floculacao.pdf>. Acesso em: 08 de janeiro de 2009.
- XAVIER, J. N. **Manutenção Preditiva o Caminho para a excelência**. 2005. Disponível em: <http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip>. Acesso em: 01 de Fevereiro de 2009.

APÊNDICE A: ROTEIRO DE LIMPEZA DA ETE

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE (E.T.E.)

Fonte :
 Autoria própria, 2009.

ROTEIRO DE LIMPEZA DA E.T.E.													
DIA	CANALETAS					TRL		PRE		PETE	FILTRO PRENSA		TEMPO (min.)
	01	02	03	04	05	OI	OII	P1	P2		OI	OII	
SEG	OI	OI	OI	OII	OII	-	-	OI	OII	-	OI	OII	40
TER	OII	OII	OII	OI	OI	-	-	OII	OI	OII	OI	OII	40
QUA	-	OI	OI	OII	-	-	-	OI	OII	OI	OI	OII	40
QUI	-	OII	OII	OI	-	A	B	OII	OI	-	OI	OII	40
SEX	OI	OI	OI	OII	OII	-	-	OI	OII	OI	OI	OII	40
SÁB	OII	OII	OII	OI	OI	-	-	OII	OI	OII	OI	OII	40
DOM	-	-	-	-	-	-	-	C	C	C	OI	OII	40

Legenda:
 ➤ 01 = Efluente: Polidora, linha de ladrinhos;

- 02 = Efluente: Teares;
- 03 = Efluente: Polidora, linha de ladrinhos;
- 04 = Efluente: Teares;
- 05 = Efluente: Freza, talha bloco e flameadora;
- TRL = Tanque receptor da lama;
- PRE = Poço receptor de efluente;
- P1 = Poço receptor do efluente (teares);
- P2 = Poço receptor do efluente (freza, talha bloco e flameadora)
- A = Retirada da gralha do TRL;
- B = Coletar a gralha na caçamba do tira entulho;
- PETE = Piso da estação de tratamento de efluente;
- OI = Operador I da E.T.E.;
- OII = Operador II da E.T.E.;
- C = Coordenador da E.T.E.

APÊNDICE B: TAREFAS DIÁRIAS DO OPERADOR

TAREFAS DIÁRIAS DO OPERADOR	
ITEM	TAREFAS
01	Seguir o roteiro de limpeza (APÊNDICE A) para manter a ETE sempre limpa;
02	Ficar atento ao nível de coagulante dentro do floculador, nunca deixando que o mesmo acabe;
03	Verificar a condição de funcionamento das bombas dos poços;
04	Verificar, através dos registros, o nível de lama sedimentada dentro dos decantadores;
05	Observar a viscosidade da lama proveniente das descargas nos decantadores;
06	Efetuar a coleta dos resíduos sólidos provenientes do tratamento do efluente;
07	Lavagem das telas do filtro-prensa ao término do seu expediente;
08	Observar a existência de vazamentos nas tubulações da ETE;
09	Solicitar os procedimentos de manutenção caso haja a necessidade;
10	Manter o responsável técnico da ETE sempre informado quanto ao aparecimento de corrosões nos equipamentos que compõem a mesma, pois dessa forma evita-se o aumento da corrosão e consequentemente a destruição de tais equipamentos;
11	Na ocorrência de alguma anormalidade no tratamento do efluente, favor comunicar imediatamente ao responsável técnico da ETE.

Fonte: Autoria própria, 2009.

APÊNDICE C: EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	
ITEM	EQUIPAMENTOS
01	Máscara descartável;
02	Protetor auditivo;
03	Luvas;
04	Botas de borracha;
05	Roupa adequada.

Fonte: Autoria própria, 2009.

APÊNDICE D: CONTROLE DE DESCARGA DOS DECANTADORES

CONTROLE DE DESCARGA													
Data	Decantador Grande (D1)						Decantador Pequeno (D2)						OPERADOR
	Hora	Tempo	Viscosidade				Tempo	Viscosidade				Monitoramento	
			Grossa	Médi a	Fin a	Ág ua		Gros sa	Médi a	Fin a	Ág ua		
	07:00	10					10					Operador I	
	07:30	10					10					Operador I	
	08:00	10					10					Operador I	
	08:30	10					10					Operador I	
	09:00	10					10					Operador I	
	09:30	10					10					Operador I	
	10:00	10					10					Operador I	
	10:30	10					10					Operador I	
	11:00	10					10					Operador I	
	11:30	10					10					Operador I	
	12:00	10					10					Automático	
	12:30	10					10					Operador I	
	13:00	10					10					Operador I	
	13:30	10					10					Operador I	
	14:00	10					10					Operador I	
	14:30	10					10					Operador I	
	15:00	10					10					Operador I	
	15:30	10					10					Operador I	
	16:00	10					10					Operador I	
	16:30	10					10					Operador I	
	17:00	10					10					Operador I	
	17:30	10					10					Automático	
	18:00	10					10					Automático	
	18:30	10					10					Automático	
	19:00	10					10					Automático	

	19: 30	10					10					Automático
	20: 00	10					10					Automático
	20: 30	10					10					Automático
	21: 00	10					10					Operador II
	21: 30	10					10					Operador II
	22: 00	10					10					Operador II
	22: 30	10					10					Operador II
	23: 00	10					10					Operador II
	23: 30	10					10					Operador II
	00: 00	10					10					Operador II
	00: 30	10					10					Operador II
	01: 00	10					10					Operador II
	01: 30	10					10					Operador II
	02: 00	10					10					Operador II
	02: 30	10					10					Operador II
	03: 00	10					10					Operador II
	03: 30	10					10					Operador II
	04: 00	10					10					Operador II
	04: 30	10					10					Operador II
	05: 00	10					10					Operador II
	05: 30	10					10					Operador II
	06: 00	10					10					Operador II
	06: 30	10					10					Operador II
	07: 00	10					10					Operador II

Fonte: Autoria própria, 2009.

PÊNDICE E: CONTROLE OPERACIONAL DO FILTRO-PRENSA

CONTROLE OPERACIONAL DO FILTRO-PRENSA															
Data	Carrada N°	Horário		Operação do Filtro-Prensa								Viscosidade da Lama			Operador
		Início	Final	N°	TON	V 1	V 2	T1	T 2	T3	T 4	Fin a	Médi a	Grossa	
	1							01:30		01:30					
	2							01:30		01:30					
	3							01:30		01:30					
	4							01:30		01:30					
	5							01:30		01:30					
	6							01:30		01:30					
			Total												

Observações

- N° = Quantidade de prensadas por carradas;
- V1 = Tempo em segundos da 1° velocidade (EEB);
- V2 = Tempo em segundos da 2° velocidade (ESB);
- T1 = Tempo médio para fechar as placas do filtro;
- T2 = Tempo médio para filtrar;
- T3 = Tempo médio para abrir as placas, deslocar as tortas e limpar;
- T4 = Tempo total de operação.

Fonte: Autoria própria, 2009.