

AUTOMAÇÃO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA POR FLOCULAÇÃO E FLOTAÇÃO

ALLAN ALMEIDA MAIA, DENILSON DE ALMEIDA SILVA, DIEGO EWERTON DE SOUZA
LIMA, WELLINGTON J. F. DE LIMA

IESAM - Instituto de Estudos Superiores da Amazônia.
Av. Gov. José Malcher, 1148, Nazaré - CEP 66055-260. Belém, PA
allanmaia84@gmail.com, almeida.denilson@yahoo.com.br, diegoeslima@gmail.com,
wellingtonjfl@gmail.com.

Abstract - This article describes a design of a water treatment plant using flotation and coagulation systems with the aim of proposing an alternative low cost for waste water treatment. For preparation of the water treatment plant proposal was taken into account the following items: raw water characteristics cost of implementation, maintenance and operation, handling and reliability of the equipment operational flexibility, sludge disposal. As a result of the project a plan was developed for automated control of the raw water at the end of the process getting an effluent treated at the level of general use.

KeyWords: water, flotation, coagulation, treatment.

Resumo - Este artigo descreve um projeto de uma planta de tratamento de água, utilizando sistemas de flotação e coagulação com o objetivo de propor um sistema alternativo de baixo custo para tratamento de água residual. Para elaboração da planta de tratamento de água proposta foi levado em consideração os seguintes itens: características da água bruta, custo de implantação, manutenção e operação, manuseio e confiabilidade dos equipamentos flexibilidade operacional e disposição final do lodo. Como resultado do projeto foi elaborado uma planta automatizada para controle da água bruta, obtendo no final do processo um efluente tratado no nível de uso geral.

Palavras-chave: água; flotação; coagulação; tratamento; lodo.

1 Introdução

A redução no consumo de recursos naturais, em direção ao desenvolvimento sustentável, requer o investimento em técnicas que viabilizem a reutilização de recursos hídricos, ou mesmo promovam o tratamento de rios poluídos e de esgotos com maior eficácia. Devido a isso, atualmente os projetos que visam o reaproveitamento de recursos hídricos têm grande relevância.

Nas grandes empresas e cidades, para o tratamento de água bruta, utiliza-se geralmente das ETA's (Estações de Tratamento de Água), que são o conjunto de instalações e equipamentos destinados a realizar o tratamento da água bruta e se caracterizam por utilizar diversos métodos de tratamento de efluentes líquidos, podendo-se destacar os tratamentos de natureza física, cuja característica é o processo de separação de fases. São eles: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação (PALMEIRA *et al*, 2009).

Nessa perspectiva, a Floculação e Flotação são técnicas bastante eficazes para o tratamento de água, cada qual com sua aplicação. Assim, a primeira, envolve a injeção de uma substância química chamada floculante cuja função é aglomerar as partículas coloidais da água, facilitando sua futura remoção. Na flotação, as impurezas presentes na água são removidas por meio de introdução de micro-bolhas de ar a uma suspensão de partículas, o que leva as mesmas a aderirem à superfície destas bolhas e serem carregadas até a superfície do líquido, formando uma espuma que posteriormente será removida da solução.

Além desses, existe uma grande variedade de métodos utilizados para tratamento de efluentes, sendo possível caracterizá-los a partir de suas aplicações. Dentre estas diversas aplicações, pode-se citar: tratamento de água para abastecimento, água para lazer, como lagos, rios, barragens, etc.; pré e pós-tratamento de esgotos; tratamento de efluentes industriais, entre outros (LIBÂNIO *et al*, 2010).

Este estudo deter-se-á ao desenvolvimento de um projeto para um sistema de tratamento de água que pode ser utilizado para uso geral. Para esta situação, serão aplicados os métodos de Floculação por Sedimentação e Flotação, tendo como etapa final o tratamento químico por cloração e fluoretação.

Nos tópicos posteriores serão demonstradas as características específicas de cada método utilizado, suas vantagens e limitações, bem como o critério de escolha para cada situação.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Floculação

A floculação consiste na aglutinação de partículas que, por possuírem dimensões reduzidas e baixa densidade, apresentam dificuldade de sedimentação (SAAE, 2006).

Esta aglutinação ocorre devido à ação de um agente floculante de natureza inorgânica ou polimérica, que ao entrar em contato com as impurezas contidas no efluente a ser tratado, mistura-se, formando estes aglomerados (PEREIRA *et al*, 2009).

Essa mistura é realizada por agitação mecânica, o que facilita a união entre as partículas e a substância floculante, fazendo com que surjam

substâncias de maiores dimensões e que, por isso, possam ser separadas do líquido com maior facilidade pela ação da gravidade. Como etapa posterior, as partículas já floculadas sedimentam para a parte inferior do líquido, e assim promovendo a separação entre o efluente e as impurezas. Desta forma, ocorrida a decantação completa dos sedimentos, na parte superior, obtém-se um líquido clarificado.

A compreensão dos mecanismos com que a floculação ocorre é de grande valia para escolha do agente floculante ideal para um determinado efluente (PEREIRA *et al*, 2009).

2.2 Flotação

Como já foi dito, na Flotação, o agente responsável pela separação entre as impurezas e o efluente são micro-bolhas de ar.

Há diversos tipos de flotação, tais como: eletro-flotação, flotação por ar induzido, flotação por ar dissolvido, flotação por aspersão (nozzle), flotação centrífuga, flotação rápida e flotação por cavitação.

Na flotação por ar induzido (FAI), um sistema constituído de um compressor de ar gera um fluxo contínuo de micro-bolhas que se inicia na parte mais inferior do recipiente de tratamento, em direção a superfície do líquido. Ao entrarem em contato com estas micro-bolhas, as impurezas presentes no efluente aderem à superfície das mesmas, formando assim um agregado bolhas-partícula.

Os agregados têm densidade menor que a fase líquida e ascendem à superfície arrastando as partículas seletivamente aderidas e promovendo a separação da mistura. Esse fenômeno se deve à tensão superficial do meio de dispersão e ao ângulo de contato formado entre as bolhas e as partículas (MASSI *et al*, 2008).

Na superfície do efluente, é formada uma camada de espuma composta pelos sedimentos flotados, que posteriormente será removida da solução por meio de um sistema de raspagem. Essa técnica também tem sido largamente utilizada no pré-tratamento de efluentes líquidos, na separação de óleos e graxas com vistas a reduzir os riscos de poluição ambiental (PALMEIRA *et al*, 2009).

As primeiras experiências com esta técnica estão ligadas à Carrie Everson, que em 1886, ao realizar alguns experimentos em seus estudos de química e metalurgia com seu marido, descobriu a possibilidade da ocorrência da flotação e registrou a patente do processo. Todavia, os registros mais disputados, dizem respeito à aplicação do processo, inicialmente, na separação mineral e na extração do cobre a partir da calcopirita (CuFeS_2).

Por essa razão, seu emprego na separação de minerais é o mais convencional, seguido da recuperação de corantes em indústrias de papel, do tratamento de água e de esgoto (MASSI *et al*, 2008).

Ao contrário da floculação, em que os sedimentos separados são concentrados na parte inferior do recipiente de tratamento, na flotação, os sedimentos são concentrados na parte superior, ou seja, na superfície do efluente.

A principal vantagem da flotação sobre a floculação por sedimentação é que partículas muito pequenas ou muito leves, que sedimentam mais lentamente que as demais, podem ser removidas completamente e num período de tempo menor. Uma vez que as partículas tenham flotado até a superfície, podem ser coletadas com um removedor de espuma.

Por outro lado, sedimentos de maiores dimensões são separados com mais dificuldade pelo processo de flotação.

Assim, conclui-se que a utilização dos dois métodos torna um sistema de tratamento de efluentes bastante eficaz, visto que abrangerá uma grande faixa de tipos de sedimentos.

2.3 Cloração

Consiste na adição de cloro para a desinfecção da água antes de sua saída da ETA, mantendo um teor residual e garantindo que a água fornecida fique isenta de bactérias e vírus.

O uso de cloro no tratamento da água pode ter como objetivos a desinfecção (destruição dos microorganismos patogênicos), a oxidação (alteração das características da água pela oxidação dos compostos nela existentes), ou ambas as ações ao mesmo tempo. A desinfecção é o objetivo principal e mais comum da cloração, o que acarreta, muitas vezes, no uso das palavras “desinfecção” e “cloração” como sinônimos (BAZZOLI, 1993).

2.4 Fluoretação

A fluoretação é realizada visando proporcionar uma medida segura e econômica de auxiliar na prevenção da cárie infantil. Nas ETAs e nos poços artesianos é utilizado o fluor sob a forma de Ácido Fluossilícico. As dosagens de cloro e fluor utilizados para o tratamento da água seguem as normas convencionais dos padrões de potabilidade (DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – DAAE *et al* 2012).

2.5 Fatores Intervenientes na Definição da Tecnologia de Tratamento

A potabilização das águas naturais para fins de consumo humano tem como função essencial adequar a água bruta aos limites físicos, químicos, biológicos e radiativos estabelecidos pela Portaria 518, tornando o efluente da estação incapaz de transmitir qualquer malefício à população abastecida. Embora pareça, não há redundância na assertiva anterior. Esta adequação da água natural não assegura intrinsecamente que substâncias e

microorganismos não listados na Portaria 518, passíveis de causar dano à saúde como cisto e oocistos de protozoários, não possam ainda se fazer presente (LIBÂNIO *et al*, 2010).

O tratamento da água consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana, porventura presentes nas águas naturais, aos menores custos de implantação, operação e manutenção, e gerando o menor impacto ambiental às áreas circunvizinhas. A definição da tecnologia a ser empregada no tratamento de água para consumo humano deve-se pautar, sobretudo nas seguintes premissas principais:

- Características da água bruta;
- Custo de Implantação, manutenção e operação;
- Manuseio e confiabilidade dos equipamentos;
- Flexibilidade operacional;
- Disposição final do lodo.

2.6 Característica da água bruta

Com o objetivo de balizar a definição da tecnologia de tratamento, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) elaborou classificação para as águas doces, salobras e salinas em função dos usos preferenciais. As primeiras foram classificadas segundo cinco classes e as demais segundo outras duas, com base na concentração de coliformes e de um rol de até 90 parâmetros físico-químicos. Na tabela abaixo estão apresentados às classes e respectivos níveis de tratamento (LIBÂNIO *et al*, 2010).

Tabela 1. Tratamento requerido em função da classificação das águas doces

Classificação	Tratamento Requerido
Classe Especial	Desinfecção
Classe 1	Tratamento Simplificado
Classe 2	Tratamento Convencional
Classe 3	Tratamento Convencional
Classe 4	Águas destinadas a usos menos exigentes

A classificação do Conama 357/2005 e 430/2010 assumem valores excessivamente conservadores para alguns parâmetros, tais como a cor verdadeira e turbidez cujos idênticos limites para as classes 2 e 3 são 75uH e 100uT, respectivamente. Água bruta com turbidez superior a 500 uT durante os eventos chuvosos afluindo a estações de tratamento torna-se situação relativamente comum para diversos sistemas de abastecimento do país (LIBÂNIO *et al*, 2010).

2.7 Custos de implantação, operação e manutenção.

A importância dos custos de implantação, operação e manutenção da estação de tratamento testifica-se na própria definição do manancial a ser utilizado para abastecimento. Os custos de implantação da unidade de tratamento constituem-se na conjunção das obras civis e dos custos do terreno, do meio filtrante e dos equipamentos, obviamente relacionados à magnitude da vazão afluente. (LIBÂNIO *et al*, 2010)

Devido a esta diversidade de fatores os custos de implantação das estações de tratamento de água apresentam variações significativas. Estações construídas em concreto, contemplando as principais etapas da potabilização e sem considerar as unidades destinadas ao tratamento dos resíduos gerados no tratamento, tendem a apresentar custos da ordem de US\$ 5 a 10 mil por L/s. No mesmo viés, unidades pré-fabricadas apresentam custo inferior US\$ 4 a 6 mil por L/s. Os custos de operação e manutenção compõe-se das despesas com energia elétrica, pessoal, operacional e administrativo, manutenção e reparo de equipamentos, e produtos químicos empregados na potabilização. Os gastos com energia elétrica nos sistemas de abastecimento brasileiros perfazem de 10 a 20% da arrecadação total atingindo até 25% em alguns casos, constituindo-se segundo insumo mais relevante superado apenas pelas despesas com pessoal. Embora seja um dado dificilmente obtível, estima-se que os custos da produção de água tratada no país variem entre R\$ 0,10 a 0,50/m³. (LIBÂNIO *et al*, 2010)

2.8 Manuseio e Confiabilidade dos Equipamentos

A maior confiabilidade nas dosagens dos produtos químicos e no monitoramento mais estrito da qualidade da água tratada insere-se, também, ainda que de forma subjacente, a redução das despesas de pessoal como norteador da automação das unidades de tratamento. Este processo tende a se estender também para os sistemas de adução e de distribuição, com objetivo de reduzir o gasto com energia elétrica nos primeiros momentos de minimização de perdas, por meio de maior controle dos níveis dos reservatórios e das pressões nas redes de distribuição. A automação objetiva aumentar a eficiência da potabilização e a confiabilidade do monitoramento da qualidade da água tratada e, como consequência, reduzir o índice de perdas eventualmente até o consumo de energia elétrica na estação de tratamento. Tal ação torna-se possível por meio do controle mais rigoroso da dosagem de produtos químicos, que permitirá menor aporte de sólidos às unidades filtrantes e aumento da duração das carreiras de filtração. Embora outras etapas possam estar presentes, o cerne da automação consiste na dosagem de

produtos químicos atuantes na coagulação e no encerramento das carreiras de filtração. Além da dosagem de coagulantes e do encerramento das carreiras de filtração, a automação pode também envolver:

- O controle do estoque de produtos químicos e dos gradientes de velocidade de mistura rápida e de floculação (para as unidades mecanizadas);
- A frequência de descarga dos decantadores;
- A duração da lavagem das unidades filtrantes por meio do monitoramento da turbidez da água de lavagem (LIBÂNIO *et al.*, 2010).

3 Métodos e Materiais

Para demonstração do proposto trabalho, foi projetada uma planta de tratamento de água baseada em efluentes utilizados para o uso comercial, como Shopping Center e lavanderias, tendo como objetivo a reutilização da água residual para uso geral.

A lógica do processo como um todo foi construída a partir do método Passo a Passo, utilizando a linguagem de programação Grafset, como se observa na figura abaixo:

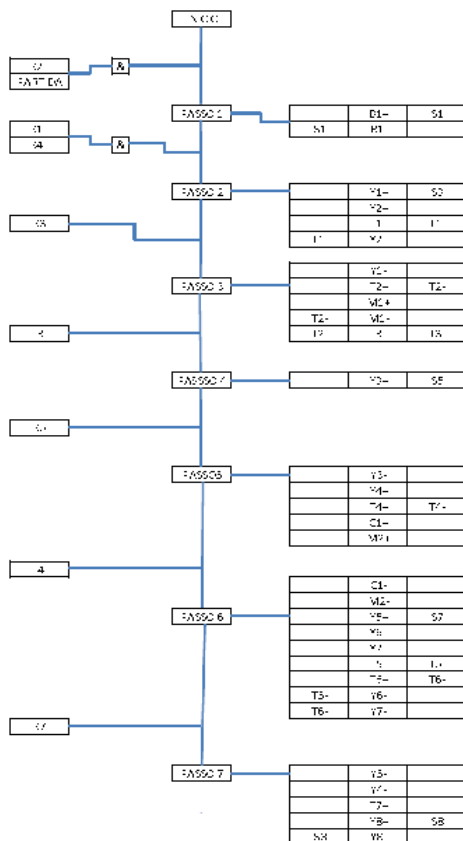


Figura 1. Programação em Grafset

Embora a programação Grafset seja reconhecida e possa ser implementada diretamente no CLP, seu uso requer equipamentos que disponham deste recurso. Neste projeto foi necessário transcrever a lógica utilizada para a linguagem Ladder, pois não tínhamos a nossa disposição CLP's que fossem compatíveis com a

linguagem Grafset. Foram utilizados dois CLP's para trabalhar a lógica de gerenciamento do processo automatizado, sendo estes: ATOS (inicialmente utilizado) e RSLOGIX (definido para o projeto final).

Para a construção da planta virtual usada para ilustrar e demonstrar o sistema proposto foi utilizado um software de CAD 3D chamado Skethup, que proporcionou um ótimo resultado para o entendimento do processo.

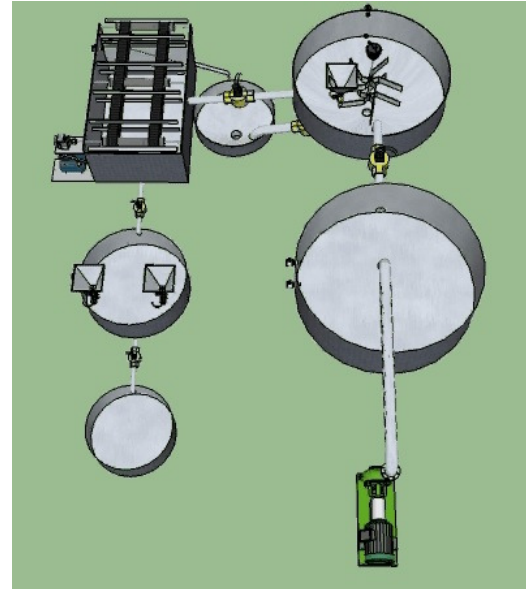


Figura 2. Imagem da Planta 3D

O supervisor de monitoramento do projeto foi implementado no software RSview3.2 da Rockell, em função do CLP pertencer ao mesmo fabricante, facilitando assim a comunicação com o supervisor via estação do operador (computador). A figura abaixo mostra uma perspectiva do mesmo:

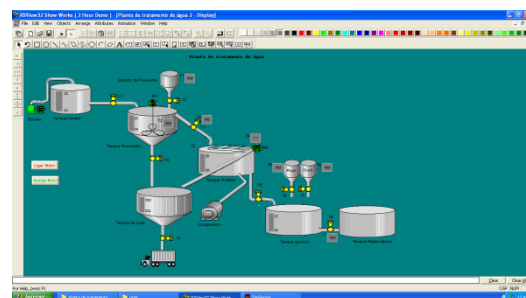


Figura 3. Tela de Supervisor

3.1 Arquitetura Geral

A planta é composta por:

- Tanques coletores;
- Tanque de floculação por sedimentação;
- Tanque de flotação por ar induzido;
- Tanque reservatório de lodo;
- Tanque de tratamento químico;
- Motor misturador;
- Motor (esteira);
- Esteira;

- Compressor de ar
- Reservatórios químicos;
- Temporizadores;
- Sensores de nível;
- Válvulas solenóide;

3.2 Descrição do Processo

3.2.1 Passo 1

O processo é iniciado com o botão de partida acionado e, caso o sensor de nível baixo S2, esteja indicando que o Tanque Coletor TC está vazio, a Bomba de Efluente Bruto B1 será ligada, enviando o efluente bruto para TC, enchendo-o até que o sensor de nível alto S1 seja acionado, desligando assim B1.

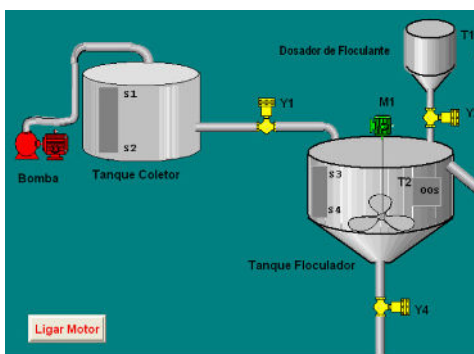


Figura 4. Passo 1

3.2.2 Passo 2

Com o sensor de S4 indicando que o Tanque de Floculação TFLOC está vazio e tendo a indicação ativa do sensor de nível alto S1 de TC, a válvula Y1 será aberta, enviando o efluente bruto para TFLOC. Simultaneamente, Y2 será aberta enviando floculante para TFLOC durante um intervalo de tempo contado por T1, que ao final da contagem, fecha Y2.

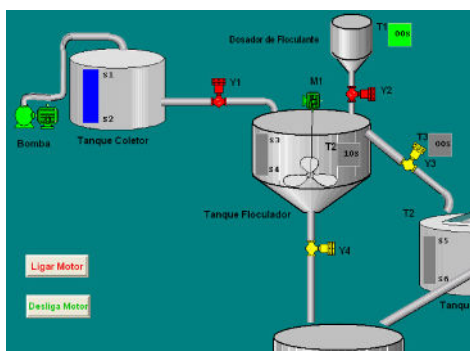


Figura 5. Passo 2

3.2.3 Passo 3

Com a indicação de nível alto S3 em TFLOC, será acionado o Motor do Misturador M1. Simultaneamente, um temporizador T2 será acionado, sendo que ao final de sua contagem, o Motor do Misturador M1 será desligado e o Temporizador T3 será ligado. Este último será responsável pelo tempo de decantação dos

flocos formados com a mistura do efluente com o floculante.

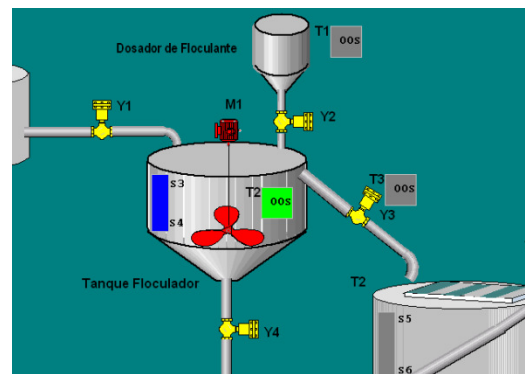


Figura 6. Passo 3

3.2.4 Passo 4

Decorrido o tempo de decantação, T3 acionará Y3, que ao ser aberta, enviará o efluente para o Tanque de Flotação TFLOT.

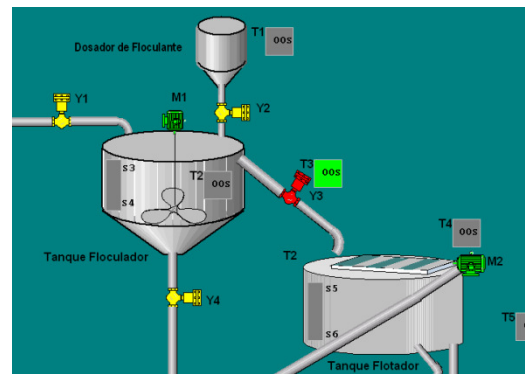


Figura 7. Passo 4

3.2.5 Passo 5

Quando o sensor de nível alto S5 de TFLOT for acionado, Y3 receberá comando para fechar e Y4 receberá comando para abrir, enviando o material decantado para o Tanque de Lodo TL. Além disso, será acionado um Temporizador T4, que dará início ao processo de flotação, ligando o Compressor C1 e o Motor da Raspa M2.

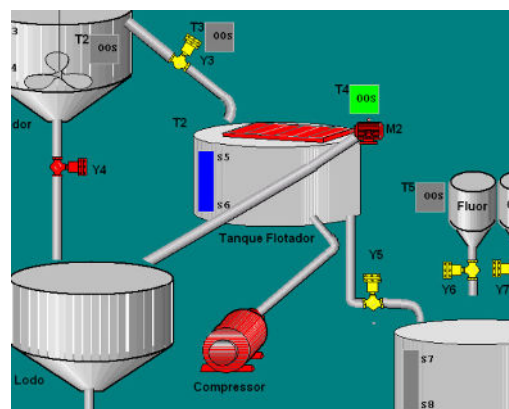


Figura 8. Passo 5

3.2.6 Passo 6

Terminando a contagem de T4, C1 e M2 serão desligados e a Válvula Y5 será aberta, enviando assim o efluente já flotado para o Tanque Químico TQ. Da mesma forma, as Válvulas Y6 e Y7 serão abertas, permitindo a injeção de flúor e cloro em TQ respectivamente. Após isto, serão acionados o Temporizador T5, que ao final de sua contagem fechará Y6, e o Temporizador T6, que da mesma forma fechará Y7.

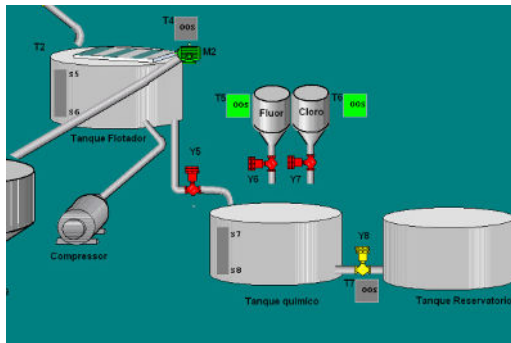


Figura 9. Passo 6

3.2.7 Passo 7

Com o acionamento do sensor de nível alto S7 de TQ, Y5 e Y4 serão fechadas e o Temporizador T7 será acionado para contagem de tempo da ação química. Tendo decorrido sua contagem, Y8 abrirá, drenando o efluente já tratado para um reservatório final, sendo que o Sensor de nível baixo S8 de TQ, fechará Y8, reiniciando assim o processo e ligando a bomba B1.

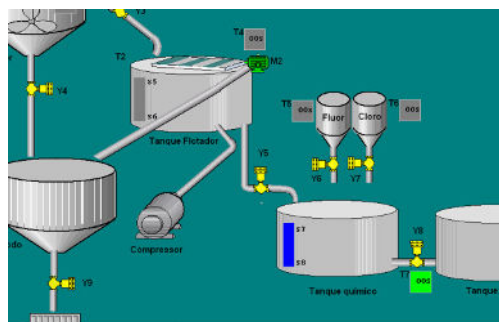


Figura 10. Passo 7

4 Resultados obtidos

A implementação do sistema automático foi desenvolvida utilizando um CLP (Controlador Lógico Programável), e teve a logica de programação baseada na descrição verbal do processo, transcrita para alinguagem Grafsetde programação e, posteriormente, em Ladder e assim implementada no CLP.

A partir do conhecimento adquirido acerca do inventário necessário para a implementação física do projeto, foi possível observar que, seu custo varia em torno de R\$20.000,00 a R\$25.000,00, dependendo da aplicação a ser

considerada, sendo que o valor mensurado é referente ao custo com maquinário, não levantado o custo com mão de obra, necessária para montagem, licenciamento e demais impostos e taxas necessárias para liberação da obra. Para efeitos de cálculos foi estimado um volume de 3.000 litros por batelada.

Tabela 2. Estimativa de Custo

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	TOTAL POR UN.
1	CAIXA D'ÁGUA	5	R\$ 600,00	R\$ 3.000,00
2	VÁLVULA SOLÊNÓIDE 2"	9	R\$ 400,00	R\$ 3.600,00
3	SENSOR DE NÍVEL TIPO BOIA	10	R\$ 45,00	R\$ 450,00
4	COMPRESSOR	1	R\$ 1.400,00	R\$ 1.400,00
5	MOTOR MISTURADOR	1	R\$ 570,00	R\$ 570,00
6	BOMBA SCHENKLEIDER	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
7	MOTOR ESTEIRA	1	R\$ 570,00	R\$ 570,00
8	CABO PP 2X1,5 mm²	100	R\$ 3,00	R\$ 300,00
9	CABO PP 3X2,5 mm²	100	R\$ 5,00	R\$ 500,00
10	CABO PP 4X4 mm²	100	R\$ 9,50	R\$ 950,00
11	CLP MICROLOGIX	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
12	INVERSOR DE FREQUÊNCIA 2CV WEG	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
13	CONTATOR WEG	6	R\$ 55,00	R\$ 330,00
14	RELE DE SOBRECARGA WEG	4	R\$ 25,00	R\$ 100,00
15	TANQUE DE FLOTAÇÃO	1	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00
16	PAINEL DE COMANDOS ELÉTRICOS	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
17	TUBO PVC 2" SOLDA TIGRE (VR)	3	R\$ 20,00	R\$ 60,00
18	MISCELÂNEAS	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
19	MÃO DE OBRA	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
TOTAL				R\$ 22.230,00

5 Conclusão

O processo de tratamento de águas residuais é bastante extenso e complexo, contudo sua implementação pode ser otimizada reduzindo o custo de construção do projeto sem perder a eficiência do produto final, se houver um estudo detalhado do processo ao qual se destina a aplicação da planta de tratamento, focando na automação de etapas principais do sistema de tratamento e monitoramento constante de suas variáveis.

6 Agradecimentos

Agradecemos a nossos amigos e familiares pela compreensão e apoio nas inúmeras dificuldades durante os últimos cinco anos e aos companheiros de curso pela troca de experiências.

Referências Bibliográficas

- Bazzoli, N. (1993). O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas.
- Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE (1998). Sistemas de Tratamento de Água. Aracruz.
- Leme, E. J. A. (2010). *Manual Prático de Tratamento de Águas Residuais*. 1ª reimpressão, Edufscar.
- Tsutiya, M. T. (2006). *Abastecimento de Água*. 3ª edição, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Libâneo, M. (2010). *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. 3ª edição, Editora Átomo.

Ferran, Axel Paul Noël de. (2007) A Mineração e a Flotação No Brasil - Uma Perspectiva Histórica. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM e Ministério de Minas e Energia.

Massi, Luciana et al. (2008) Fundamentos e Aplicação da Flotação como Técnica de Separação de Misturas. In: Revista Química Nova na Escola, n° 28, p.20-23, mai.

Palmeira, Vito A. A et al. (2009) Tratamento de efluentes da Indústria do coco utilizando os Processos de Coagulação e Flotação por ar Induzido. In: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Uberlândia, Minas Gerais.

Pereira, André Rodrigues. (2009) Tratamento Combinado do Efluente Gerado do Processamento de Óleo de Xisto. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro.

Penna, Ronaldo, et al. (2003) Estudo comparativo entre dois sistemas de aeração de coluna de flotação. In: Revista. Esc. Minas, v.56, no 03, Ouro Preto. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rem/v56n3/v56n3a09.pdf>

Pioltine, Andre e Reali, Marco Antonio Penalva. (2011) Emprego de bomba multifásica como unidade geradora de microbolhas de ar em sistema de flotação aplicado ao pré- tratamento de efluente têxtil. In: Eng. Sanit. Ambient. vol.16, no 02, RJ. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n2/v16n2a10.pdf>

Reis, E. M. dos e Nozaki, J. Tratamento Biológico de Efluentes de Indústrias de Papel Após Floculação e Coagulação com Sais de Alumínio e Polieletrólitos Naturais. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/babt/v43n1/v43n1a16.pdf>.

Estudo comparativo entre dois sistemas de aeração de coluna de flotação. In: Rem: Rev. Esc. Minas v.56 n.3 Ouro Preto jul. 2003. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rem/v56n3/v56n3a09.pdf>

Reciclagem de aminas na flotação de minério de ferro. In: Rem: Rev. Esc. Minas v.61 n.4 Ouro Preto out./dez. 2008. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rem/v61n4/v61n4a08.pdf>

Emprego de bomba multifásica como unidade geradora de microbolhas de ar em sistema de flotação. Eng. Sanit. Ambient. vol.16 no.2 Rio de Janeiro abr./jun. 2011. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n2/v16n2a10.pdf>

Departamento Autônomo de Água e Esgoto – DAAE. Estações de Tratamento de Água (ETA):
<http://www.daaeararaquara.com.br/eta.htm>