



UMA EXPERIÊNCIA PEDAGÓGICA VIVENCIADA EM CURSO DE AUTOMAÇÃO BASEADA EM AÇÕES MULTIDISCIPLINARES SOBRE PLANTA INDUSTRIAL DIDÁTICA

Cláudio Marques de Sá Medeiros – claudiosa@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Departamento de
Indústria

Av. 13 de Maio, 2081 - Benfica
60040-531 – Fortaleza – Ceará

José Renato de Brito Sousa – renato@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Departamento de
Indústria

Av. 13 de Maio, 2081 - Benfica
60040-531 – Fortaleza – Ceará

Pedro Urbano Braga de Albuquerque – purbano@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Departamento de
Indústria

Av. 13 de Maio, 2081 - Benfica
60040-531 – Fortaleza – Ceará

Resumo: Neste artigo é apresentada uma experiência de sucesso com a implementação de um laboratório de automação baseado em uma planta química de tratamento de efluentes industriais. O laboratório está instalado nas dependências do Departamento de Indústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus de Fortaleza, Ceará, Brasil. Os conceitos técnicos e pedagógicos que nortearam a concepção do laboratório, além de sua descrição, potencialidades didáticas e resultados alcançados são apresentados. O laboratório foi concebido por um grupo de professores que ministravam disciplinas satélites em relação a automação. O projeto do laboratório foi implementado com equipamentos comumente comercializados para aplicações industriais. A estrutura física foi concebida de tal forma que se pode executar em sequência as etapas necessárias a uma solução típica para tratamento de efluentes industriais ou ser subdividida em subsistemas independentes. Dessa maneira, o estudante também pode trabalhar exaustivamente na automação parcial do processo de forma isolada. Com isso, obteve-se um laboratório didático, no qual o estudante tem acesso praticamente irrestrito

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





a sensores, atuadores e sistema de controle, sob condições controladas de segurança pessoal e dos equipamentos, mas com características de ambiente industrial. A planta pode ser operada em modo contínuo ou em batelada, e com comandos manuais ou automatizados. Foi utilizada a maior diversidade possível de sensores e atuadores, tanto no que se refere a marcas quanto a princípio de funcionamento. Assim, o estudante pode realizar estudos comparativos entre equipamentos e métodos.

Palavras-chave: Automação, CLP, Efluentes Industriais, SCADA, SDCD.

INTRODUÇÃO

As matrizes curriculares de cursos de automação, mecatrônica e similares, são contempladas com uma ou mais disciplinas de automação industrial. Geralmente, este tema é abordado nos últimos semestres do curso, dado o seu caráter altamente multidisciplinar. Em geral, o estudante já deve ter tido alguma vivência com temas relacionados à micro-controladores, acionamento de máquinas, instrumentação, controle e eletrônicas digital e industrial, antes de entrar no mundo da automação industrial.

Normalmente, o conteúdo da disciplina de automação industrial é focado nas técnicas de projeto e execução de sistemas de automação, bem como na caracterização e uso das tecnologias disponíveis e necessárias à implementação desses projetos. Assim, é de extrema importância que o estudante tenha acesso a aulas laboratoriais contextualizadas no ambiente industrial para o exercício prático das tecnologias e métodos pertinentes à disciplina, bem como das inter-relações com os temas abordados nas disciplinas supracitadas. Embora interessante, esta proposta pedagógica encontra grandes dificuldades para implementação. Gerentes industriais até se mostram favoráveis à disponibilização de suas plantas industriais para visitação de grupos de estudantes e professores, desde que se mantenha discrição em relação à divulgação de detalhes construtivos de suas plantas e proibem os registros fotográficos. Entretanto, os mesmos não se dispõem a correr riscos ao disponibilizarem suas plantas industriais para experimentação de aprendizes.

Diante das dificuldades, a solução comumente adotada é a aquisição ou desenvolvimento de kits didáticos dedicados a automação de sistemas do tipo SISO (single input-single output), ou até mesmo kits didáticos compostos por controladores lógicos programáveis (CLPs) e por uma gama variada de sensores e atuadores sem um fim específico, em que o estudante explora a potencialidade dos mesmos a partir de sua própria iniciativa e inventividade. Os autores deste artigo apresentam uma experiência de sucesso com a implementação de um laboratório de automação baseado em uma planta química de tratamento de efluentes industriais. Neste artigo são abordados os conceitos técnicos e pedagógicos que nortearam a concepção do laboratório, além de sua descrição, possibilidades (potencialidades didáticas) e resultados alcançados.

Idéias Subjacentes à Concepção do Laboratório

O laboratório foi concebido por professores que ministravam disciplinas relacionadas a automação. A idéia subjacente era a complementação da formação técnica de cada membro da equipe, de tal forma que todos pudessem atuar no laboratório como instrutores, trazendo suas respectivas experiências de especialistas em favor da interdisciplinaridade característica de um laboratório de automação. O grupo, reunido com um consultor

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



técnico, decidiu pela utilização de uma planta química de tratamento de efluentes industriais como substrato para o laboratório de automação. Foi Definida a divisão da planta em subsistemas ou células básicas, elaborada a lista de compras, implementada a compra e, finalmente, executados os procedimentos de montagem e testes. O trabalho foi realizado desta forma pois o próprio processo de planejamento e execução do projeto já serviu como treinamento do grupo. Além disso, os professores, pela experiência pedagógica, puderam dar suas contribuições na elaboração de uma planta com características simultaneamente industriais e didáticas, com arquitetura aberta e flexível.

A decisão de automatizar um processo químico está relacionada ao fato de que o laboratório se prestava originalmente à formação de alunos de graduação do curso tecnólogo em mecatrônica, cuja formação básica é proveniente dos cursos técnicos em eletrotécnica e mecânica. Nestes cursos, os estudantes recebem formação básica sobre a aplicação de sensores e atuadores relativos a instalações elétricas prediais, comerciais e industriais, sistemas térmicos, metrologia dimensional, máquinas operatrizes, etc. Geralmente não há grande afinidade com processos químicos e seus sensores e atuadores típicos. Assim, o uso desta planta química também se presta a preencher esta lacuna no conhecimento técnico dos referidos alunos.

O projeto foi implementado com equipamentos comumente comercializados para aplicações industriais. Sua estrutura física foi concebida de tal forma que se pode executar em sequência as etapas necessárias a uma solução típica para tratamento de efluentes industriais ou ser subdividida em subsistemas isolados e auto-contidos. Com isso, obteve-se um laboratório didático, no qual o estudante tem acesso praticamente irrestrito a sensores, atuadores e sistema de controle, sob condições controladas de segurança pessoal e dos equipamentos, mas com características de ambiente industrial.

Foi utilizada a maior diversidade possível de sensores e atuadores, tanto no que se refere a marcas quanto ao princípio de funcionamento. Assim, o estudante pode realizar estudos comparativos entre equipamentos e métodos. A única exceção a esta filosofia foi em relação à rede de CLPs, pois a diversidade de equipamentos aumenta as dificuldades e principalmente os custos, devido a necessidade de estabelecer a comunicação entre diversos protocolos (ALBUQUERQUE; ALEXANDRIA, 2009; SEN, 2014; ALBUQUERQUE; THOMAZINI, 2013; RAMSAY, 1996).

Sistemas de Tratamento de Efluentes Industriais

A água pode ser usada pela indústria de diversas maneiras como, por exemplo, para incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; nos sistemas de resfriamento e geração de vapor; no próprio processo industrial e nos vasos sanitários. Uma vez que estas atividades geralmente promovem a contaminação com resíduos dos processos produtivos, o tratamento desses efluentes líquidos industriais, além de ser ecologicamente correto, é absolutamente necessário diante de imposições legais relativas ao despejo de resíduos industriais ou quando o reaproveitamento do efluente é economicamente viável (HENRY; HEINKE, 1996; Grady Jr. et al., 2011; EDDY et al., 2013).

O tratamento ideal para cada tipo de efluente é indicado de acordo com a carga poluidora e presença de contaminantes. Um especialista deve analisar as cargas orgânica e tóxica do mesmo e definir, dentre os processos de tratamento disponíveis (físicos,

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



químicos e biológicos), quais os mais adequados. Em geral, a operação de uma estação de tratamento de efluentes industriais compreende basicamente as seguintes etapas:

- Tratamento preliminar - é constituído unicamente por processos físicos, utilizando grades e peneiras para a remoção de sólidos grosseiros e, se for o caso, a separação da água residual de areias (desarenação);
- Tratamento primário - é constituído unicamente por processos físico-químicos, promovendo a equalização e neutralização da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e adição de produtos químicos com o intuito de remover partículas sólidas através de processos de floculação e sedimentação (decantação);
- Tratamento secundário - é constituído pela aplicação de processos biológicos, promovendo a remoção da matéria orgânica por meio de reações bioquímicas. Basicamente, o tratamento biológico reproduz os fenômenos que ocorrem na natureza, mas em menor tempo;
- Tratamento de lodo - é constituído por um conjunto de ações que promovem a estabilização de substâncias instáveis e da matéria orgânica presente no lodo fresco, redução do volume do lodo e secagem do lodo;
- Tratamento terciário - em função das necessidades de cada indústria, é empregado com a finalidade de se conseguir remoções adicionais de poluentes em águas residuárias, antes de sua descarga no corpo receptor e/ou para recirculação em sistema fechado. Como exemplos de processos de tratamento terciário pode-se citar filtração, cloração ou ozonização para a remoção de bactérias, absorção por carvão ativado, e outros processos de absorção química para a remoção de cor, redução de espuma e de sólidos inorgânicos.

O sistema de tratamento de efluentes industriais concebido para a composição do laboratório de automação tem por finalidade tratar resíduos do processo de lavagem de tecido (jeans) em indústrias têxteis (MATHUR et al., 2005; LIMA et al., 2007). Esse tipo de efluente não contém areia e geralmente contém partículas sólidas de tamanho diminuto. Sendo assim, dispensa a aplicação do tratamento preliminar citado anteriormente, o qual é sujo e geralmente dispensa a automatização.

No sistema implantado no laboratório há dois tanques alimentadores para o processo de tratamento. Com isso, é possível emular o tratamento de um efluente que seja a combinação de dois outros efluentes de características distintas. Após a equalização do efluente em tanque específico, o mesmo é transferido para um tanque, no qual é realizada a correção do pH. Feito isto, o efluente segue para tanques específicos para a adição de floculante e decantação/expurgo de lodo. Alguma matéria orgânica ou inorgânica remanescente é removida por meio de processo de filtração em areia. Por fim, há a avaliação de alguns parâmetros de qualidade do efluente tratado (HERMOSILLA et al., 2014; MACHADO, 2005).

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



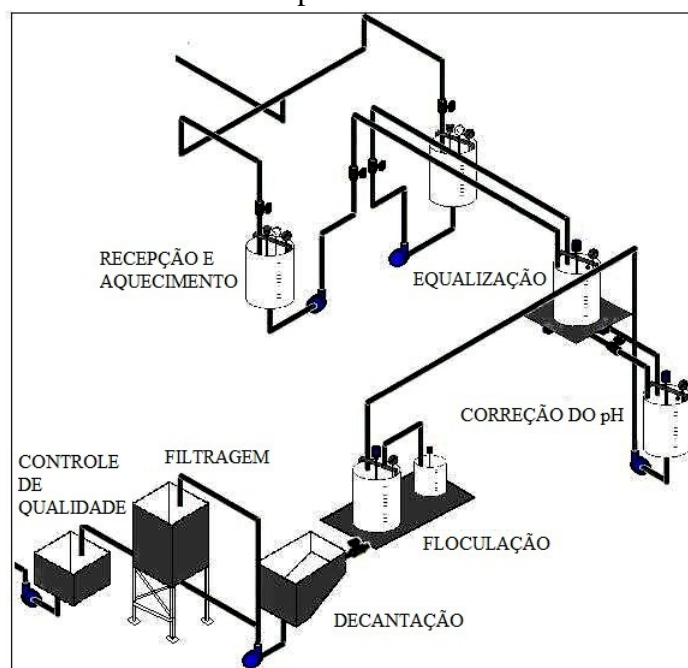
ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



Descrição do Ambiente Didático

O laboratório de automação baseado na planta de tratamento de efluentes industriais está instalado nas dependências do Departamento de Indústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, ocupando uma área de 30 m². Atualmente atende a demandas regulares dos cursos superiores de Tecnologia em Mecatrônica Industrial e Engenharia de Mecatrônica. A planta pode ser operada em modo contínuo ou em batelada, e com comandos manuais ou automatizados. Como a planta é de pequeno porte, o manuseio do efluente é realizado através de bombas e válvulas conectadas a tubulações de PVC de 3/4". Estes componentes estão mais sujeitos a ação de corrosão, encrostamento interno e, até mesmo, entupimentos, quando submetidos a efluentes industriais. Assim, a maior parte dos testes para validação dos programas aplicativos dos CLPs desenvolvidos pelos estudantes é realizada com a utilização de água como efluente. Somente em casos especiais faz-se uso de efluente artificialmente elaborado. Na Figura 1 é apresentada uma visão sistêmica de todo o processo.

Figura 1 – Visão sistêmica de todo o processo.



A seguir são apresentadas as descrições de todos os subsistemas, acompanhadas de representações gráficas desenvolvidas para figurarem nos softwares supervisórios. Além disso, na Tabela 1 são listados os componentes de cada subsistema.

Subsistema de Recepção (Aquecimento)

Neste subsistema há dois tanques de 100 litros para a admissão de efluentes provenientes de dois processos industriais distintos. Caso seja utilizada água, a mesma é admitida através de eletroválvulas. Há chaves de nível magnéticas (reed switch) para nível inferior e para nível superior, bancos de resistores trifásicos (3 kW) para aquecimento acionados por chaves estáticas, termostatos, transmissores e indicadores de temperatura.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





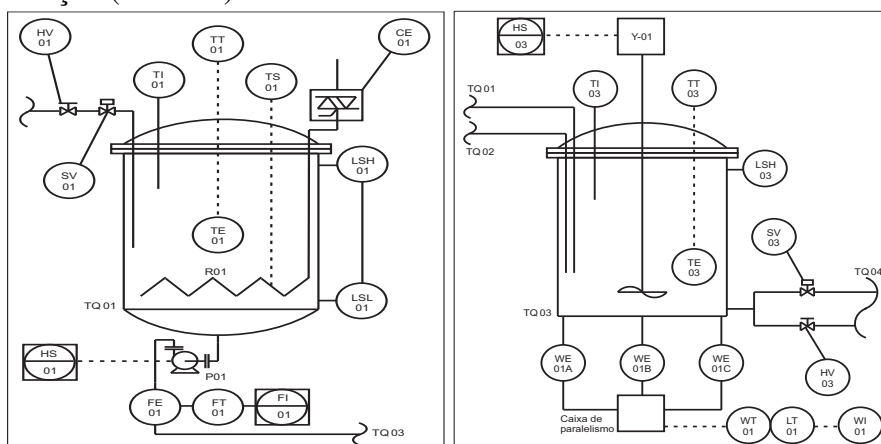
O manejo destes efluentes para o tanque de equalização, próxima etapa do subsistema, é realizado por duas moto-bombas centrífugas acionadas por conversores de frequência. As tubulações de recalque das bombas são equipadas com transmissores de vazão.

Subsistema de Equalização (Homogenização)

Em estações de tratamento de efluentes industriais a vazão dos efluentes pode variar muito durante o dia, não havendo descarga uniforme e nem contínua. Assim, há a necessidade de se equalizar a carga hidráulica, a carga orgânica e o pH, antes de se submeter o efluente ao tratamento. Após a equalização, caso o efluente seja desconhecido, os técnicos químicos devem realizar estudos preliminares através de ensaios de floculação (JAR-TEST), para determinar a concentração ótima de coagulante, levando em conta que o mesmo tem um custo elevado, bem como o pH ideal.

No caso da planta didática, os efluentes provenientes dos dois tanques antecedentes, com constituições e temperaturas diferentes, são despejados em um tanque de 100 litros para que nele se dê o processo de homogenização auxiliado por um agitador equipado com motor de indução trifásico acionado por conversor de frequência. O tanque é suportado por uma estrutura metálica apoiada em três células de carga. A temperatura do efluente é monitorada através de um transmissor integrado ao sistema de automação e por um indicador de temperatura para visualização local. Há uma chave de nível tipo bóia magnética superior para evitar transbordo, no caso de uma eventual falha de medição através de células de cargas. A transferência do efluente para tanque seguinte é feita por gravidade através de eletroválvula. Na Figura 2 são apresentados os diagramas P&I dos subsistemas: Recepção a Aquecimento (um dos tanques) e Equalização.

Figura 2 – Diagramas P&I dos subsistemas: Recepção e Aquecimento (à esquerda) e Equalização (à direita).



Subsistema de Ajuste do pH

O efluente equalizado é transferido para um tanque de 100 litros, no qual ocorre o monitoramento do pH por uma sonda e, caso necessário, o pH é corrigido pela adição de solução ácida ou alcalina através de duas bombas dosadoras. A correção de pH faz-se

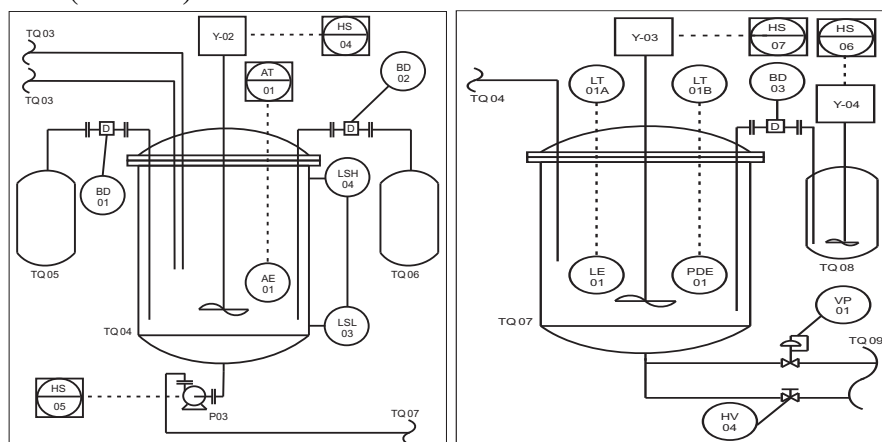


necessária devido a existência de valores ótimos de pH para a formação de flóculos e posterior decantação dos poluentes. Cada uma dessas bombas dosadoras possui um tanque auxiliar de 20 litros contendo soluções ácida e alcalina. Estas soluções podem ser misturadas com o efluente através de um agitador equipado com motor de indução trifásico acionado por conversor de frequência. O tanque ainda dispõe de chave de nível tipo bóia magnética inferior e superior. A transferência do efluente para a próxima etapa do processo é realizada por uma moto-bomba centrífuga acionada por conversor de frequência.

Subsistema de Adição de Floculante

O efluente com o pH ajustado é transferido para um tanque de 100 litros, no qual há a adição de floculante através de uma bomba dosadora. Esta, por sua vez, possui um tanque alimentador com agitação permanente de uma solução de sulfato de alumínio. O tanque principal é equipado com um transmissor de nível capacitivo e um transmissor de nível por pressão hidrostática, além de um agitador/misturador cuja função é promover a difusão homogênea do floculante e adicionar agitação suficiente à mistura para que não haja floculação nesta etapa. A transferência do efluente em tratamento para o tanque de floculação e decantação é feita por gravidade através de válvula proporcional. Na Figura 3 são apresentados os diagramas P&I dos subsistemas: Ajuste de pH (à esquerda) e Adição de Floculante (à direita).

Figura 3 – Diagramas P&I dos subsistemas: Ajuste de pH (à esquerda) e Adição de Floculante (à direita).



Subsistema de Floculação e Decantação

O efluente misturado ao floculante é recebido em um tanque com paredes de vidro. Esse efluente ainda deve ser agitado, continuando assim o processo de mistura com o sulfato de alumínio, porém com velocidade mais baixa, pois paralelamente começa a ocorrer o processo de coagulação ou agrupamento das partículas a serem removidas. Essas partículas aglutinadas, por sua vez, apresentam densidade maior do que a do líquido circundante e são sedimentadas gradualmente no fundo do tanque. Essa massa de sólidos, denominada lodo primário bruto, é em seguida expurgada através de uma eletroválvula de 2 polegadas de diâmetro. O tanque é equipado com um sensor de nível ultrassônico e

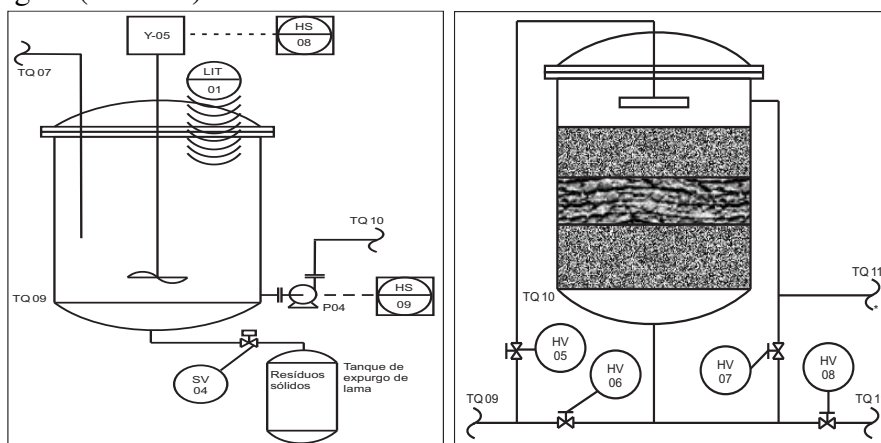


um conjunto motor-bomba acionado por conversor de frequência para transferir o efluente para um filtro de areia.

Subsistema de Filtragem

O filtro é constituído de uma estrutura de aço e paredes de vidro. Com isso é possível a visualização da variação da granularidade de suas camadas. O efluente tratado é admitido pela parte superior do filtro e, sequencialmente, atravessa as camadas superpostas de areia, pedrisco e pedras, por gravidade. Como a primeira camada de filtragem é de areia, optou-se por admitir o efluente com baixas vazões e com o uso de chuveiro para evitar o revolvimento da mesma. O efluente é finalmente despejado no tanque de controle de qualidade do processo. Nesta etapa de filtragem não há qualquer tipo de automatização, a não ser o ajuste da velocidade da bomba de admissão do filtro. Na Figura 4 são apresentados os diagramas P&I dos subsistemas: Floculação e Decantação e Filtragem.

Figura 4 – Diagramas P&I dos subsistemas: Floculação e Decantação (à esquerda) e Filtragem (à direita).



Subsistema de Controle de Qualidade

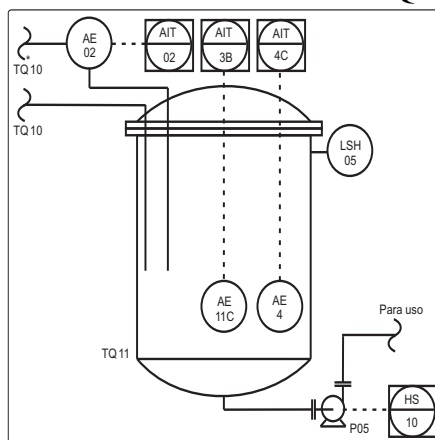
Nesta etapa a eficácia do processo de tratamento imposto ao efluente é avaliada. O efluente oriundo do filtro é forçado a passar no bulbo de cristal de um turbidímetro, e em seguida é despejado em um tanque com paredes de vidro, no qual há uma sonda de pH e outra de oxigênio dissolvido. Há ainda no tanque uma chave de nível superior. O efluente tratado pode ser descartado por gravidade para a linha de esgoto local ou transferido para os tanques de recepção através de eletro-bomba centrífuga. Na Figura 5 é apresentado o diagrama P & I do subsistema controle de qualidade.

Rede de CLPs

A Figura 6 refere-se a um diagrama esquemático que dá uma visão geral do fluxo de efluente nos diversos subprocessos da planta, bem como a arquitetura da rede de comunicação de dados e área de atuação dos controladores. A rede de controladores programáveis (CLP), mostrada na Figura 6, é baseada em uma arquitetura hierárquica com



Figura 5 – Diagrama P&I do subsistema: Controle de Qualidade.



topologia tipo barra e utiliza o padrão de comunicação serial RS 485, utilizando neste caso o protocolo industrial proprietário SUCONET k (Moeller), entre o CLP mestre e os escravos e o padrão RS 232 entre o mestre e o PC onde está instalado um programa aplicativo de supervisão baseado em uma plataforma SCADA. O mestre se comunica com os escravos que são formados por dois CLPs, duas expansões remotas analógicas, uma interface homem-máquina e um gateway para possibilitar a comunicação com um radio MODEM industrial que utiliza o protocolo MODBUS-RTU. O rádio MODEM se comunica com um rádio telemetria que informa o nível do tanque no final do processo (controle de qualidade) (ALBUQUERQUE; ALEXANDRIA, 2009; SEN, 2014).

Ações Pedagógicas

A planta automatizada de tratamento de efluentes é utilizada como plataforma para a implementação prática dos conceitos desenvolvidos nas disciplinas Sistemas de Controle Distribuído, Instrumentação Eletrônica e Automação Industrial dos cursos de Tecnologia em Mecatrônica Industrial e Engenharia de Mecatrônica. Na matriz curricular destes cursos, algumas disciplinas são definidas como pré-requisitos para as disciplinas supracitadas, tais como metrologia, instrumentação eletrônica, eletrônica industrial, acionamento de máquinas e controle. Assim, as primeiras atividades desenvolvidas pelos estudantes estão relacionadas ao reconhecimento e a operação básica dos diversos equipamentos e dispositivos da planta. Dentre estas atividades podem ser citadas as seguintes:

- Verificar o funcionamento dos atuadores;
- Compreender a codificação e o endereçamento de todos os elementos conectados à rede de CLPs;
- Verificar a comunicação entre CLPs e suas expansões;
- Realizar ensaios para determinar as relações entre comando digital e resposta estática de atuadores;



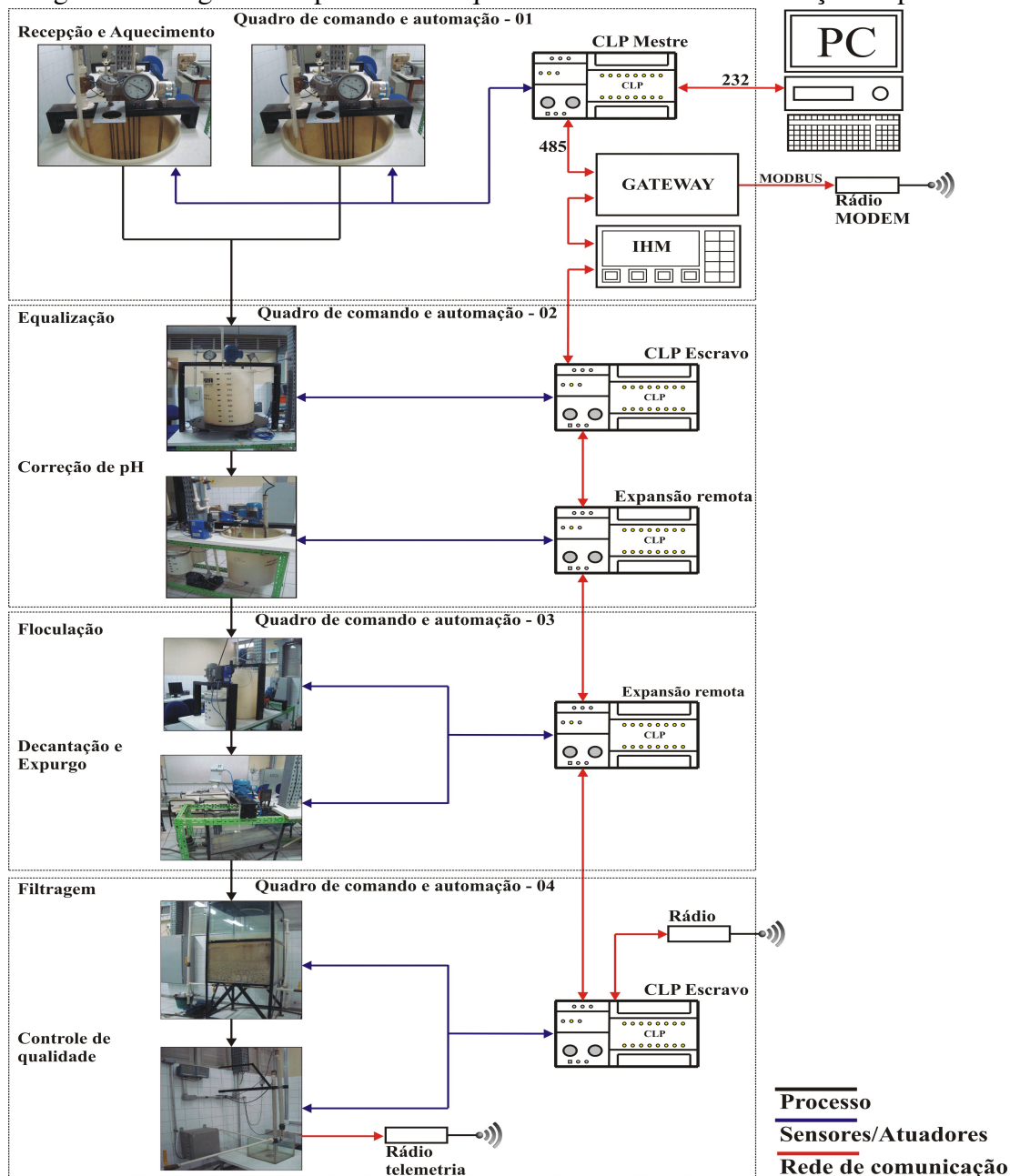
Tabela 1 – Componentes dos subsistemas.

Descrição	TAG
Válvula manual	HV01,HV02, HV03, HV04, HV05,HV06,HV07,HV08
Válvula solenoide	SV01,SV02,SV03,SV04
Chave de nível alto	LSH01,LSH02,LSH03,LSH04,LSH05
Chave de nível baixo	LSL01,LSL02,LSL03
Termopar tipo j	TE01,TE02
Transmissor de temperatura	TT01,TT02
Termostato	TS01,TS02
Indicador de temperatura	TI01,TI02
Termopar PT-100	TE03
Transmissor de temperatura	TT03
Indicador de peso	WI01
Agitador	Y-01,Y-02,Y-03,Y-04,Y-05
Conversor de frequência	HS01,HS02,HS03,HS04,HS05,HS06,HS07,HS08,HS09,HS10
Sonda de pH	AE01
Conversor de frequência	HS06,HS07
Transmissor de nível	LT01,LT01A,LT01B
Indicador de nível ultrassônico	LIT01
Moto-bomba centrífuga	P01,P02,P03,P04,P05
Célula de carga	WE01A,WE01B,WE01C
Transmissor de peso	WT01
Sonda de turbidez	AE02
Indicador de fluxo	FI01,FI02
Transmissor de fluxo	FT01,FT02
Sensor de fluxo	FE01,FE02
Chave estática trifásica	CE01,CE02
Banco de resistores - 3 kW	R01,R02
Sensor de nível	LE01
Transmissor de turbidez	AIT02
Sonda de O ₂	AE4
Indicador de temperatura	TI03
Sensor de pressão hidrostática	PDE01
Bomba dosadora	BD01,BD02,BD03
Transmissor de pH	AT01,AIT3B
Válvula proporcional	VP01
Sonda de pH	AE11C
Transmissor de oxigênio	AIT4C

- Realizar ensaios para determinar as relações entre as grandezas mensuradas e as respostas digitais dos sensores/transdutores;
- Parametrizar conversores de frequência e transmissores;
- Elaborar aplicativos em programas supervisórios.

Considerando que o estudante possui os conhecimentos básicos para interagir com o laboratório, o mesmo pode partir para a elaboração dos programas aplicativos de controle nos CLPs, os quais promovem a automação da planta. O desenvolvimento destes progra-

Figura 6 – Diagrama do processo e arquitetura da rede de comunicação da planta.



mas pode ser realizado em computadores pessoais disponíveis no próprio laboratório. A seguir são apresentadas algumas sugestões para a elaboração de programas de controle:

Tanques de Recepção

- Supervisão de nível de tanque: a eletroválvula de admissão deve ser desligada sempre que for atingido o nível máximo para evitar o transbordo e, em caso de evacuação do tanque através da moto-bomba, a mesma deve ser desligada sempre que o nível mínimo for atingido para a proteção da própria moto-bomba. Este sis-



tema assemelha-se à supervisão de nível em caixas d'água e sisternas em prédios residenciais;

- Controle de temperatura: o fluido é aquecido através da energização de banco de resistores pelo comando de chaves estáticas. Um sensor termopar e um termômetro estão disponíveis para sensoramento e monitoração da temperatura, respectivamente. O controle de temperatura pode ser do tipo on-off, havendo histerese de temperatura, ou de forma contínua. Nesta última abordagem, em caso de ocorrência de sobretemperatura, o estudante pode recorrer à adição de fluido com temperatura mais baixa através da eletro-válvula e/ou remover o fluido aquecido com a eletrobomba pelo acionamento da entrada analógica do conversor de frequência. Um controle mais preciso de temperatura pode ser obtido com o acionamento das chaves com controle de ângulo de fase;
- Controle de vazão: a vazão do fluido bombeado pode ser monitorada pelo CLP a partir de transmissor de vazão. O CLP implementa a lei de controle e atua na entrada analógica do conversor de frequência que aciona a moto-bomba. A lei de controle também pode ser implementada diretamente no conversor de frequência, sem a interferência do CLP.

Tanque de Equalização

- Controle de nível de tanque: dado que o peso específico do fluido admitido é conhecido, o nível do tanque é sensoriado indiretamente pela medição da massa através de células de carga. O estudante pode implementar rotinas de controle dinâmico e estático do nível através da manipulação contínua das vazões das bombas que precedem o tanque de equalização e através do acionamento on-off da eletroválvula de expurgo do fluido homogenizado;
- Controle de temperatura: o controle de temperatura pode ser implementado com a admissão controlada de fluidos com temperaturas diferentes pela manipulação das vazões das eletrobombas e do acionamento da eletro-válvula de espurgo. Aqui, o estudante deve estar atento ao fato de haver a necessidade de comunicação entre dois CLPs, dado que as bombas pertencem ao subsistema de recepção e os sensores de nível e temperatura pertencem ao subsistema de equalização.

Tanque de Ajuste do pH

- Supervisão de nível de tanque: a eletroválvula de admissão deve ser desligada sempre que for atingido o nível máximo para evitar o transbordo e, em caso de evacuação do tanque através da eletrobomba, a mesma deve ser desligada sempre que o nível mínimo for atingido para a proteção da própria moto-bomba;
- Controle de pH: o fluido admitido neste tanque apresenta-se homogêneo, porém pode não apresentar o pH mais apropriado para a utilização eficiente do (sulfato de alumínio) floculante. Neste caso, uma sonda de pH informa continuamente a condição operacional e uma rotina de controle residente em CLP define a intensidade de solução ácida ou básica a ser adicionada ao tanque através de bombas dosadoras (BENATTO, 2012).

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



Tanque de Adição de Floculante

- Controle de nível de tanque: o nível do tanque é medido através de sensor de nível capacitivo e também pode ser estimado pela medição da pressão em um sensor instalado no fundo do tanque. O estudante pode implementar rotinas de controle dinâmico e estático do nível através da manipulação contínua da vazão da bomba que transfere efluente do tanque de controle de pH ao tanque de adição de floculante e através do acionamento contínuo da válvula proporcional de descarga.

Tanque de Floculação e Decantação

- Controle de nível de tanque: o nível do tanque é medido através de sensor de nível ultrassônico. A admissão de efluente, o espurgo de floculado e a transferência de água processada para o filtro de areia são todos realizados com base nas leituras do sensor ultrassônico. O estudante deve implementar rotinas de controle para evitar o transbordo do tanque pela atuação da válvula proporcional de admissão, rotina de espurgo de floculante através da atuação on-off de eletroválvula e rotina para definir a vazão de transferência de água processada;
- Dado que o tanque foi confeccionado com paredes de vidro, os estudantes podem avaliar visualmente o efeito da velocidade do agitador sobre o processo de decantação e formação de lodo.

Tanque de Filtragem

- Ajuste da vazão da bomba para evitar o revolvimento da camada de areia do filtro.

Tanque de Controle de Qualidade

- Supervisão de nível de tanque: sempre que a bóia de nível superior for sensibilizada, a eletro-bomba deve ser acionada para evitar o transbordo. A vazão da bomba deve ser conhecida previamente, tendo em vista que não há bóia de nível inferior e o desligamento da eletro-bomba deve ser realizado após temporização.

Resultados

A planta automatizada de tratamento de efluentes é baseada em uma solução de um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) monitorado por um aplicativo de supervisão tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), desta forma é utilizada como plataforma para a implementação prática dos conceitos desenvolvidos nas disciplinas de Sistemas de Controle Distribuído (DCS), Instrumentação Eletrônica e Automação Industrial dos cursos de Tecnologia em Mecatrônica Industrial e de Engenharia de Mecatrônica, totalizando, até o presente momento, o treinamento de 364 alunos destes cursos. Além disso, os seguintes trabalhos de conclusão de curso foram realizados:

- William Bruno Carlos Silva “ESTUDO DE ATUALIZAÇÃO DO LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO E REDES INDUSTRIAIS DO IFCE-Campus Fortaleza”;
- Fabrícia Sales Tomaz, “PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO IEC 60870-5-101 – ESTUDO DE CASO”;

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



- Júlio Peixoto da Silva Júnior, “IMPLEMENTAÇÃO DE UMA REDE CAN COM INTERFACE RS-232 UTILIZANDO UM MICROCONTROLADOR PIC18F4580”;
- Jorge Fernandes Teixeira Filho, “ESTUDO PARA INSTALAÇÃO E INTEGRAÇÃO DA REDE AS-i NO LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO E REDES INDUSTRIAIS DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ - Campus de Fortaleza”.

Com base no sucesso da utilização desta planta didática no IFCE, a mesma foi adotada por outra instituição de ensino, trata-se do SENAI-CE (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), onde foi instalado um laboratório totalmente baseado na planta didática apresentada neste artigo, porém com a utilização atualizada de dispositivos, clps e protocolos.

Conclusões

Neste artigo foi apresentada a implementação de um laboratório de automação baseado em uma planta química de tratamento de efluentes industriais. A planta está instalada nas dependências do Departamento de Indústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus de Fortaleza, Ceará, Brasil. Foram apresentados os conceitos técnicos e pedagógicos que orientaram a concepção do laboratório, além de sua descrição, potencialidades didáticas e resultados alcançados. A descrição do laboratório foi feita utilizando fotografias, diagramas e tabelas que descrevem as características e especificações dos diversos componentes utilizados. O projeto do laboratório foi implementado com equipamentos comumente comercializados para aplicações industriais. A estrutura física foi concebida com o objetivo de se poder executar em sequência as etapas necessárias a uma solução típica para tratamento de efluentes industriais ou ser subdividida em etapas independentes. Assim, o estudante também pode trabalhar exaustivamente na automação parcial do processo de forma isolada. Dessa maneira, obteve-se um laboratório didático, no qual o estudante tem acesso praticamente irrestrito a sensores, atuadores e sistema de controle, sob condições controladas de segurança pessoal e dos equipamentos, mas com características de ambiente industrial. O funcionamento da planta pode ser realizado em modo contínuo ou em batelada, e com comandos manuais ou automatizados. Além disso, foi utilizada a maior diversidade possível de sensores e atuadores, tanto no que se refere a marcas quanto a princípio físico de funcionamento, permitindo que o estudante possa realizar estudos comparativos entre equipamentos e métodos. Esta planta é utilizada como plataforma para a implementação prática dos conceitos desenvolvidos nas disciplinas Sistemas de Controle Distribuído, Instrumentação Eletrônica e Automação Industrial dos cursos de Tecnologia em Mecatrônica Industrial e Engenharia de Mecatrônica. Uma versão atualizada e totalmente baseada nesta planta didática foi adotada por outra instituição de ensino, neste caso o SENAI-CE (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial). De acordo com os resultados apresentados, pode-se concluir que, a experiência pedagógica vivenciada nos cursos de automação do IFCE e baseada em ações multidisciplinares sobre uma planta industrial didática, representa uma excelente ferramenta para o ensino teórico e prático de várias disciplinas correlatas dos cursos de automação.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Vitae pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, P. U. B.; ALEXANDRIA, A. R. Redes industriais: Aplicações em SDCD. 2ª Edição, *Edições Ensino Profissional, São Paulo, Brasil*, 2009.

ALBUQUERQUE, P. U. B.; THOMAZINI, D. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. *Editora Érica, São Paulo, Brasil*, 2013.

BENATTO, N. C. B. *Controle de oxigênio dissolvido e pH para aplicações em sistemas de tratamento de esgoto*. Dissertação (Mestrado) — Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, 2012.

EDDY, I. M. . et al. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. *5th Edition, McGraw-Hill Education*, 2013.

Grady Jr., C. P. L. et al. Biological wastewater treatment. *3rd Edition, CRC Press*, 2011.

HENRY, J. G.; HEINKE, G. W. Environmental science and engineering. *2nd Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA*, 1996.

HERMOSILLA, D. et al. The application of advanced oxidation technologies to the treatment of effluents from the pulp and paper industry. a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 1, p. 168–191, 2014.

LIMA, R. O. A. de et al. Mutagenic and carcinogenic potential of a textile azo dye processing plant effluent that impacts a drinking water source. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v. 626, n. 1-2, p. 53–60, 2007.

MACHADO, B. J. F. *Reuso de efluentes em torres de resfriamento - estudo de caso: Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 2005.

MATHUR, N. et al. Mutagenicity assessment of effluents from textile/dye industries of sanganer, jaipur (india)- a case study. *Ecotoxicology Environmental Safety*, v. 61, n. 1, p. 105–113, 2005.

RAMSAY, D. C. Principles of engineering instrumentation. *John Wiley & Sons*, 1996.

SEN, S. K. Fieldbus and networking in process automation. *CRC Press*, 2014.



A PEDAGOGICAL EXPERIENCE LIVED IN AUTOMATION COURSE BASED ON MULTIDISCIPLINARY ACTIONS OVER DIDACTIC INDUSTRIAL PLANT

Resumo:

This paper presents a successful experience with the implementation of an automation laboratory based on a chemical plant for treating industrial effluents. The laboratory is installed in the Department of Industry of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará - Campus of Fortaleza, Ceará, Brazil. The technical and pedagogical concepts that guided the design of the laboratory, and its description, didactic potential and achieved results are presented. The laboratory was designed by a group of teachers who taught satellites disciplines for automation. The lab project was implemented with commonly marketed equipment for industrial applications. The physical structure is designed such that it can perform the necessary steps in sequence to a typical solution for the treatment of industrial effluents or be subdivided into independent subsystems. In this way, the student can also work extensively in the partial automation of the isolation process. Thus, we obtained a teaching laboratory, in which the student has virtually unrestricted access to sensors, actuators and control system, under controlled conditions of personal safety and equipment, but with industrial environment characteristics. The plant can be operated in continuous or batch mode, and manual or automated commands. A wide variety of sensors and actuators were used, both with traditional brands and for operating principle. Thus, the student can perform comparative studies between equipment and methods.

Palavras-chave: Automation, DCS, Industrial effluents, PLC, SCADA.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia