

SISTEMAS DE CONTROLE APLICADOS A PLANTA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

THALYS DE F. FERNANDES^{1*}, GERÔNIMO B. ALEXANDRE², JOSÉ N. SILVA³, GILMAR T. ARAÚJO⁴.

¹ Bel. em Engenharia Química, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 99622-8798,
thalys.fernandes@yahoo.com.br

² Bel. em Engenharia Elétrica, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 98621-0719,
geronimo.alexandre@ee.ufcg.edu.br

³ Dr. Professor Eng. Química, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 99960-8972, nilton@deq.ufcg.edu.br

⁴ Dr. Professor Eng. Química, UFCG, Campina Grande-PB. Fone: (83) 99869-9319,
gilmartirindade@deq.ufcg.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi apresentar o sistema de controle implantado na subunidade de tratamento de efluentes da produção do biodiesel, enfocando as premissas de projeto e as vantagens e desvantagens da automação utilizada. Foram coletados valores de entrada e saída de planta experimental e realizadas simulações em ambiente MATLAB® para a obtenção de modelos e consequente aplicação de estratégias de controle. Como resultados foram obtidos os sistemas controle, os quais foram capazes de mapear os dados experimentais coletados, com boa precisão e eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de controle, biodiesel, planta experimental, otimização.

APPLIED CONTROL SYSTEMS WASTEWATER TREATMENT PLANT OF BIODIESEL PRODUCTION

ABSTRACT: The objective of this study was to present the control system implemented in the subunit treatment biodiesel production effluents, focusing on the design of premises and the advantages and disadvantages of automation used. They collected input values and experimental plant output and performed simulations in MATLAB® environment for obtaining consistent application of models and control strategies. The following results were obtained control systems, which were able to map the collected experimental data with good accuracy and efficiency.

KEYWORDS: Control systems, biodiesel, experimental plant, and optimization.

INTRODUÇÃO

De modo geral um sistema de controle industrial é constituído de múltiplas malhas de controle de processos e de equipamentos (instrumentação) que compõem a planta industrial. No caso do setor de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PG&B) há estudos conclusivos demonstrando que o desenvolvimento de ferramentas de suporte e apoio a produção, ao tratamento e controle de efluentes resulta em ganhos econômicos consideráveis e melhoria da estabilidade da unidade, bem como garante a redução do consumo de energia e da emissão de substâncias tóxicas. Todavia, estudos relacionados com o consumo energético da unidade processual como um todo são poucos relatados. Deste modo, desenvolver soluções para otimizar o uso de energia em sistemas de controle industriais, e na instrumentação utilizada, traz benefícios tangíveis para as indústrias de modo geral (Alexandre & Lima, 2013).

Neste cenário de discussão de tratamento e controle de efluentes utilizadas na indústria de processos, o objetivo deste trabalho é apresentar o sistema de controle usado na planta didática de produção de biodiesel localizada na Universidade Federal de Campina Grande, em especial a subunidade de tratamento de efluentes na produção do biodiesel, a qual consiste de um tanque de deposição de efluentes (água + produtos e subprodutos da reação de transesterificação) que alimenta um reator tubular de fluxo contínuo, que por meio da técnica de eletrofloculação consegue separar

água tratada e resíduos sólidos. O reator tubular apresenta um sistema de controle, cujas variáveis de controle são o nível, a tensão aplicada no processo de eletrofloculação e vazão de saída do reator.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para implantação do sistema de instrumentação e controle da planta experimental de tratamento de efluentes da produção do biodiesel consistiu na execução das seguintes etapas:

1. Montagem da plataforma experimental;
2. Planejamento experimental: definição do número de pontos de operação que foram coletados, visando cobrir todas as faixas de carga da operação da planta;
3. Realização do experimento: coleta de dados pelo sistema de aquisição;
4. Construção de modelos matemáticos que representem a dinâmica do processo;
5. Validação dos modelos construídos;
6. Projeto e implementação dos controladores;
7. Integração do sistema de controle e instrumentação ao sistema elétrico e as outras partes da planta de produção, bem com o sistema de aquisição e de informação do processo.

Para consecução dos objetivos traçados durante a fase de planejamento estratégico utilizou-se a planta experimental, computadores, *softwares* dedicados e a expertise dos profissionais envolvidos. Ainda que a planta piloto esteja sendo direcionada para planta experimental específica, pode ser projetada para escala industrial, não dispensando uma consultoria técnica e projeto específico para cada unidade pela equipe projetista.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A planta de produção de biodiesel para realização dos estudos encontra-se instalada no Laboratório de Química e Biomassa (LQB) da Universidade Federal de Campina Grande, cuja representação pode ser visualizada no fluxograma da Figura 1, conforme proposto por Fernandes e Araújo (2012).

O reator tubular vertical proposto para o sistema é constituído por um cano de PVC (Policloreto de Vinila – Policloreto de etileno) de 0,225 m de comprimento e 0,047 m de diâmetro, onde fora adaptada uma entrada para o efluente na parte inferior e duas saídas para os produtos na parte superior conforme se observa na Figura 2. Na primeira corrente de saída obtêm-se o efluente tratado que é armazenado no tanque 07 para posteriores análises e a segunda corrente corresponde a uma suspensão predominantemente sólida, que é estocada no tanque 08, que será objeto de estudos futuros (Fernandes e Araújo, 2012; Fernandes e Araújo, 2011; Meneses e Araújo, 2011).

Figura 1. Planta de produção do biodiesel.

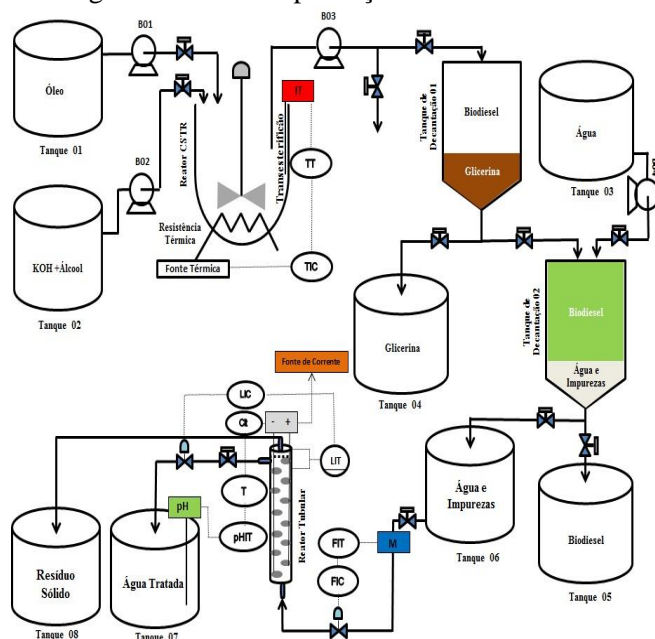
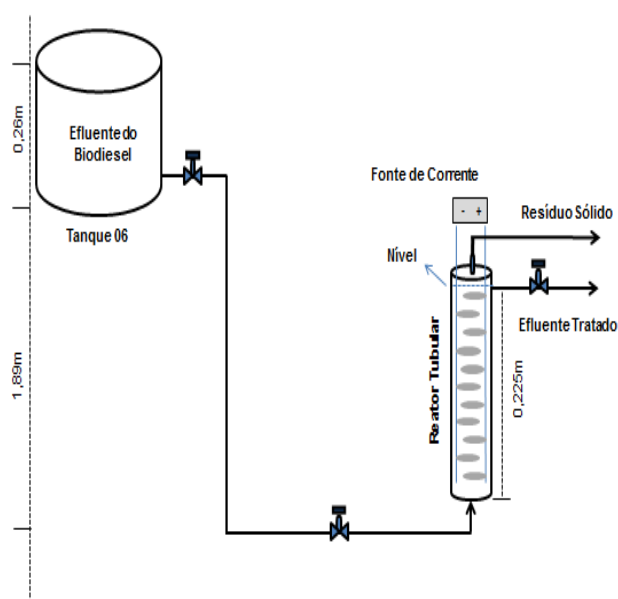


Figura 2. Subunidade de tratamento de efluentes.



Um problema de controle consiste em determinar uma forma de afetar um dado sistema físico de modo que seu comportamento atenda às especificações de desempenho previamente estabelecidas. Como, normalmente, não é possível alterar a estrutura funcional do sistema físico em questão, a satisfação das especificações de desempenho é atingida mediante o projeto e implementação de controladores.

O ajuste dos parâmetros de um controlador é chamado de sintonia (*tuning*). Quando se tem um modelo matemático, representativo, do sistema, a escolha dos parâmetros do controlador recai no desenvolvimento de um projeto, que pode ser feito com base no método do lugar geométrico das raízes, dentre outros. Como, nem sempre é possível se obter um modelo, que represente, adequadamente, a dinâmica que se deseja controlar, se fez necessário o surgimento de técnicas, que não dependam do modelo, para sintonia do controlador.

Os controladores PIDs possuem parâmetros ajustáveis que permitem alterar seu comportamento de modo a obter o melhor desempenho para uma dada aplicação, bem como as características supracitadas. Essa é a justificativa para os controladores PIDs serem utilizados como estratégia de controle para as malhas da subunidade de tratamento de efluentes.

Os parâmetros de sintonia do controlador de nível e do controlador de temperatura, ambos obtidos por técnicas clássicas de sintonia, Ziegler & Nichols, estão dispostos na Tabela 1. Os valores nominais das entradas manipuladas e das saídas controladas são: $u_0=[0,0,0,0,0]^T$ e $y_0=[0,0,0,0,0]^T$. A planta foi ajustada para o ponto ótimo de operação obtido durante as baterias de ensaios realizados na plataforma experimental, ou seja, tensão de alimentação de 4.4 volts, pH inicial de 8.0 e a vazão volumétrica de entrada de 8 ml/s. as respostas do sistema de controle quando as malhas de pH, massa do eletrodos e o consumo energético estão sendo controladas podem ser visualizadas nas Figuras 3-6.

Figura 3. Controle de pH.

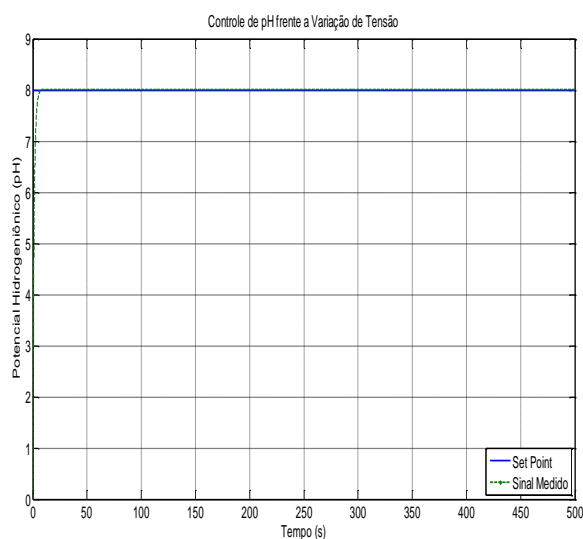
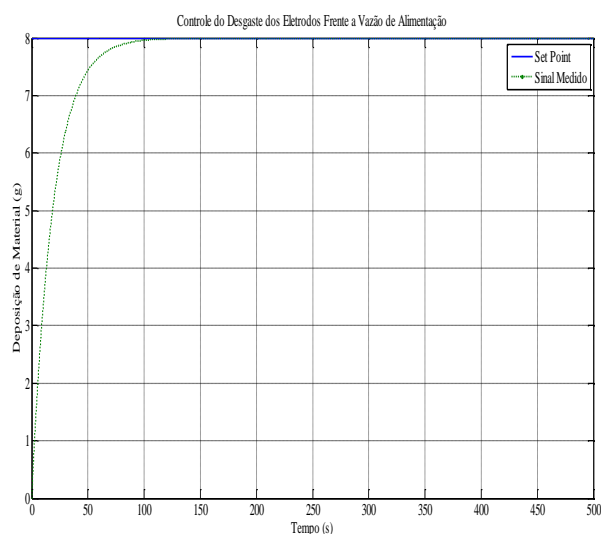


Figura 4. Controle do desgaste dos eletrodos - vazão.



A malha de regulação do pH frente as variações da fonte de alimentação de tensão apresenta boa dinâmica, com uma rápida resposta de controle, como também a malha de controle do desgaste dos eletrodos, tendo respectivamente tempo de acomodação de 25 segundos e 180 segundos respectivamente. Já as malhas que regulam o desgaste dos eletrodos frente às variações de carga de alimentação de fluido e o consumo energético do sistema (variável de regulação a tensão de alimentação) apresenta uma reposta de controle mais lenta, tendo tempo estabelecimento de 645 segundos e 250 segundos respectivamente. A explicação para este fato está em: A) a mensuração da massa dos eletrodos foi feita antes e depois do funcionamento do reator, o que não representa com fidelidade o desgaste durante o processo de eletrofloculação que ocorre e os valores utilizados para fins de controle foram às médias de cada ponto de operação da planta; B) para acelerar a reação de eletrofloculação (aumento do número de íons na solução) foi inserido cloreto de sódio NaCl numa concentração de 0,25g/L para aumentar a corrente elétrica que circula de um eletrodo para outro, este fato impacta que o consumo energético fica alterado, não sendo proporcional a variação da tensão de

alimentação.

Os resultados de simulação mostraram que os modelos matemáticos construídos são capazes de mapear os dados experimentais coletados, com boa precisão e eficiência, bem como os controladores projetados conseguem atender os objetivos do gerenciamento da energia manipulada.

Figura 5. Controle da massa dos eletrodos – Tensão.

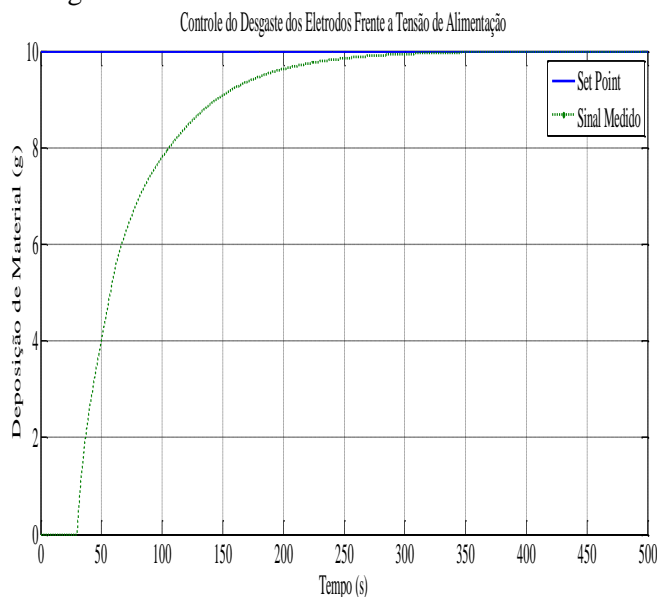
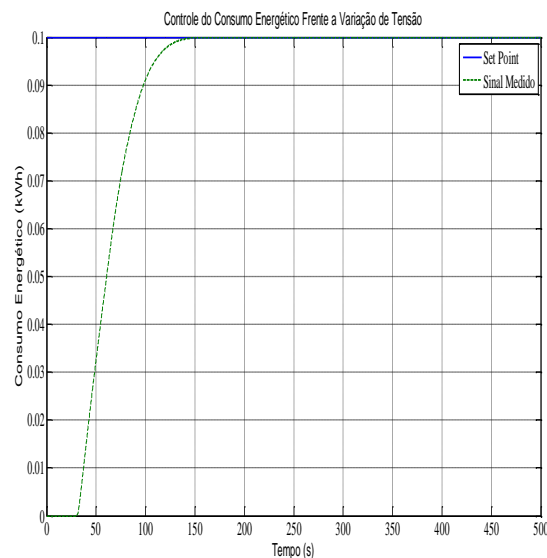


Figura 6. Controle do consumo energético.



CONCLUSÕES

A solução apresentada do controle tradicional (PI e PID) mostrou-se eficiente quando avaliada para a subunidade de tratamento de efluentes da produção do biodiesel operando em malha fechada, em termos das mudanças operacionais de funcionamento da planta, bem como no compromisso da estratégia de controle na redução de tempo e na qualidade do produto final.

No caso de monitoração de falhas nos diversos sensores e atuadores da planta, pode ser implementado uma estratégia de controle tolerante a falhas, especificamente a técnica de reconfiguração automática da lei de controle.

Ainda que no estudo realizado tenha sido utilizada uma lei de controle clássica para controlar a planta, o procedimento para prognóstico de falhas em sistemas industriais proposto é relativamente independente, sendo possível utilizá-lo no caso de outras estratégias de controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, G. B. & Lima, A.M.N. Diagnóstico de Falhas e Gestão de Alarmes em Sistemas de Instrumentação e Controle Industrial. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, 2013, Campina Grande, Brasil.
- Fernandes, T. de Freitas & Araújo, G. Trindade. Desenvolvimento de tratamento para o efluente gerado na produção de biodiesel por eletrofloculação. Projeto de Iniciação Científica (PIBIC), Centro de ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB, Brasil, 2011.
- Fernandes, T. F. & Araújo, G. T. Desenvolvimento de um reator tubular para tratamento de efluente gerado na produção de biodiesel por eletrofloculação. Projeto de Iniciação Científica (PIBIC), Centro de ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB, Brasil, 2012.
- Meneses, J. M. & Araújo, G. Trindade. Tratamento do efluente gerado na produção de biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Química), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB. 2011.