

# DESENVOLVIMENTO DE SIMULADOR VIRTUAL INTEGRADO APLICADO AO TREINAMENTO OPERACIONAL DE PROCESSOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS

D. Z. G. MAZZALI e F. V. DA SILVA.

Faculdade de Engenharia Química, Departamento de Engenharia de Sistemas Químicos (DESQ),  
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).  
[d038567@gmail.com](mailto:d038567@gmail.com), [vasconcelosfla@gmail.com](mailto:vasconcelosfla@gmail.com)

**RESUMO** - Devido a atual demanda por aumento de produtividade aliada à evolução tecnológica fabril e, ambos associados ao curto prazo imposto para se aprender uma determinada tarefa, dispor de ambientes seguros e profissionais tecnicamente qualificados aumenta a importância de se desenvolver sistemas de treinamento eficazes e fiéis às características dos processos. Para aprimorar a eficiência dos treinamentos, necessita-se de ferramentas flexíveis que possam simular diferentes cenários de operação de maneira segura e econômica. Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento de um simulador virtual, integrando simulação fenomenológica dinâmica programada em *Matlab*® e sistema de supervisão industrial, elaborada em *InduSoft Web Studio* (IWS) como ferramenta de treinamento operacional, onde seja possível a realização de diferentes situações de operação. Foi utilizado como estudo de caso para avaliar o sistema uma planta de controle de pH e nível. O estudo mostrou a potencialidade da metodologia, propiciando um aumento do entendimento do processo pelo operador com possível redução de perdas. Deseja-se com esta iniciativa oferecer uma contribuição à pesquisa na busca por alternativas para contornar a dificuldade de treinar operadores em ambiente similar ao de trabalho a um custo acessível.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as empresas dentro de um contexto econômico globalizado, necessitam se tornar mais competitivas para enfrentar os novos concorrentes, provocando uma total remodelação dos sistemas produtivos. (LOBÃO & PORTO, 1997). Dentro desta nova realidade, o aumento da complexidade dos equipamentos técnicos e das máquinas tem exigido um maior nível de qualificação de funcionários nas indústrias. A elevação dos custos e esforços exigidos para qualificar os técnicos através de metodologias convencionais, tem levado as áreas de treinamento das organizações a buscar novos métodos e ferramentas para realizar o treinamento com menores investimentos (Silva, 2008). Por esta razão, novas tecnologias têm sido pesquisadas para melhorar o nível de treinamento das equipes especializadas e uma delas é a Realidade Virtual (RV).

A RV permite que o treinando possa manipular facilmente equipamentos complexos, com a sensação de estar operando a planta real, oferece a possibilidade de realizar procedimentos que nem sempre estão previstos em manuais, e a oportunidade de simular situações de erro sem impactar na produção real.

No trabalho publicado por Silva *et al.* (2008), dentre os dois tipos existentes de realidade virtual, há aplicações direcionadas aos Ambientes Virtuais (AV) para treinamentos em formato imersivo e não imersivo. Apesar das aplicações imersivas oferecerem um alto nível de interatividade e realismo, apresentam altos custos de hardware e software para sua implementação, limitando sua utilização em aplicações e sua popularidade. Além disso, a ergonomia da maioria dos dispositivos não convencionais ainda é um grande problema para tornar o ambiente virtual imersivo uma ferramenta largamente aceita entre usuários e pesquisadores.

Neste mesmo trabalho, os autores justificam que o ambiente virtual não imersivo oferece uma solução mais viável que apresenta um ambiente virtual em um computador convencional, devido ao seu baixo custo e sua portabilidade. Pelo fato das empresas e indústrias trabalharem já algum tempo com computadores pessoais, os usuários comuns já estão familiarizados com dispositivos, tais como, monitor, teclado e mouse. Por essa razão, os engenheiros e técnicos sentem-se mais confortáveis com a utilização de sistemas virtuais não imersivos em comparação aos sistemas imersivos.

Essa potencialidade da simulação virtual foi motivada por experiências na área da Educação em Engenharia. Em 2001, Yang *et al.*, apresentaram um desenvolvimento de simulação dinâmica para treinamento operacional (DOTS). O objetivo deste estudo foi através de treinamentos mais didáticos, garantir operações de processamento mais seguras e com menor índice de falhas. O simulador virtual foi avaliado como tendo elevado desempenho para esta aplicação.

Mais recentemente na indústria química, especialmente nos casos de processos contínuos, os simuladores de treinamento operacional (OTS) têm se tornando frequente. Segundo o grupo de pesquisa Balaton *et al.* (2013), com o auxílio destes sistemas vários problemas de funcionamento e segurança de equipamentos podem ser identificados e solucionados por operadores treinados, podem ser orientados a agirem nas diferentes falhas dos equipamentos.

Na intenção de apresentar um método alternativo para treinamento operacional fabril, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema supervisor virtual não imersivo, integrando simulação fenomenológica dinâmica programada em *Matlab®* e sistema de supervisão industrial, projetada em *InduSoft Web Studio (IWS)* como ferramenta de treinamento operacional, onde seja possível a capacitação operacional baseado em computador pessoal, que permita ao usuário conhecer os elementos básicos de uma planta industrial de trabalho em termos de aparência, comportamento, funcionalidades e operação.

## 2. METODOLOGIA

A aplicação da ferramenta desenvolvida neste trabalho foi testada e aplicada em uma planta de processo de neutralização de resíduo com controle de pH e nível do tanque. Para o desenvolvimento do sistema supervisorio virtual integrado (SSVI) proposto foi necessária a aplicação conjunta de duas técnicas: (i) a simulação fenomenológica dinâmica programada em *Matlab*®; (ii) um sistema de supervisão industrial, elaborada em *InduSoft Web Studio* (IWS).

### 2.1 Simulação Fenomenológica Dinâmica - *MATLAB*®

A simulação para controle manual do processo foi desenvolvida no ambiente de programação do *MATLAB*®, mais precisamente o ambiente *Simulink*. O *MATLAB*® é um programa interativo para cálculos científicos e de engenharia, muito utilizado no meio acadêmico. A família de programas *MATLAB*® inclui o programa principal e uma variedade de toolboxes, uma coleção de arquivos especiais chamados *Mfiles* que estendem a funcionalidade do programa principal. Juntos, o programa principal e o *Control System Toolbox* propiciam a capacidade para projetar e analisar sistemas de controle (DORF e BISHOP, 2001).

Um sistema de aquisição dos dados permite o registro das informações obtidas durante a manipulação da planta virtual e armazena os valores de interesse em histórico para posteriormente serem utilizados para análise de desempenho do processo.

A modelagem matemática do processo de neutralização encontra-se representado nas Equações 1 a 3.

$$\frac{d[HCl] \cdot V}{dt} = F_{HCl} \cdot [HCl]_{entra} - F_s[HCl] \quad (1)$$

$$\frac{d[NH_4OH] \cdot V}{dt} = F_{NH_4OH} \cdot [NH_4OH]_{entra} - F_s[NH_4OH] \quad (2)$$

$$\frac{dV}{dt} = F_{HCl} + F_{NH_4OH} - F_s \quad (3)$$

Considerando-se a área da seção transversal do reator ( $A_b$ ) constante e a atuação sendo realizada por uma válvula de saída, obtêm-se as Equações 4 a 6.

$$A_b \frac{dh}{dt} = F_{HCl} + F_{NH_4OH} - c_v \cdot a_v \sqrt{h} \quad (4)$$

$$\frac{d[HCl]}{dt} = \frac{F_{HCl} \cdot [HCl]_{entra}}{h \cdot A_b} - \left( c_v \cdot a_v \sqrt{h} + A_b \frac{dh}{dt} \right) \cdot \frac{[HCl]}{h \cdot A_b} \quad (5)$$

$$\frac{d[NH_4OH]}{dt} = \frac{F_{NaOH} \cdot [NH_4OH]_{entra}}{h \cdot A_b} - \left( c_v \cdot a_v \sqrt{h} + A_b \frac{dh}{dt} \right) \cdot \frac{[NH_4OH]}{h \cdot A_b} \quad (6)$$

O cálculo do pH é fornecido diretamente pelo balanço de cargas de acordo com a Equação 7, considerando que o ácido e a base do sistema dissociam-se completamente, que o processo ocorre à temperatura ambiente e esta não varia significativamente durante o estudo.

$$[HCl] \cdot (-1) + [NH_4OH] \cdot (+1) + 10^{-pH} - 10^{pH-14} = 0 \quad (7)$$

O esquema do processo de neutralização de resíduo implementado no *Simulink/Matlab®* é mostrado na Figura 1 a seguir.

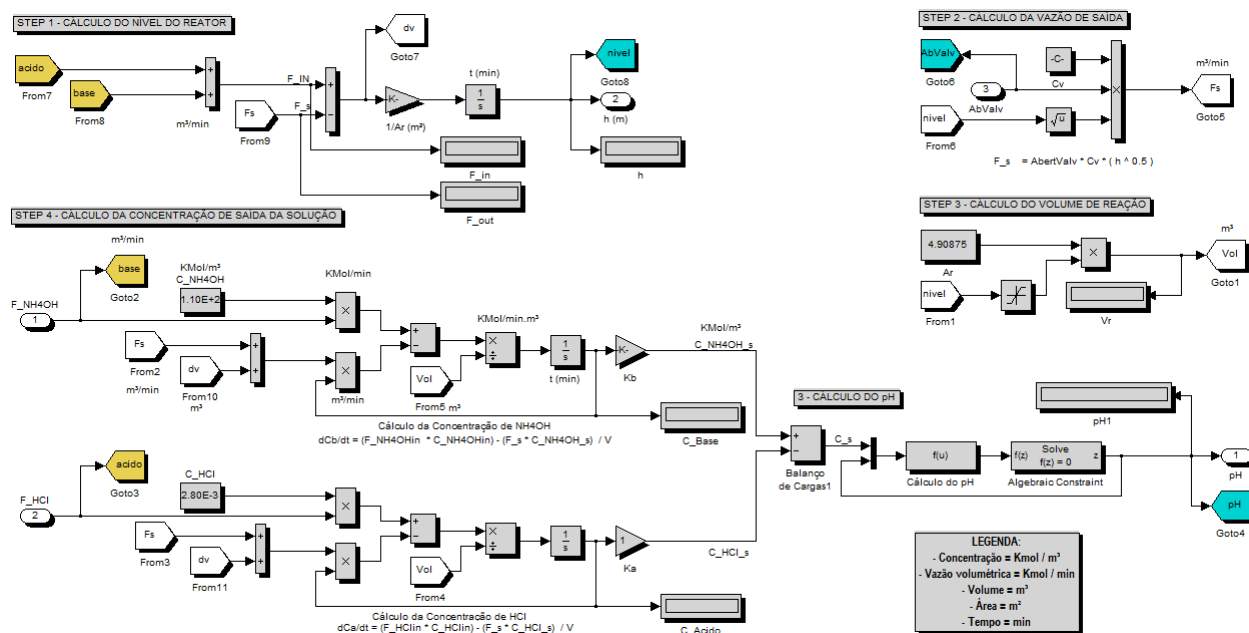


Figura 1: Modelo do processo de neutralização implementado no *Simulink/Matlab®*.

## 2.2 Sistema de Supervisão Industrial - *Indusoft Web Studio* (IWS)

O sistema supervisor é a interface usuário/sistema onde o operador envia as informações ao modelo de simulação e monitora as variáveis da planta. Faz-se necessário, portanto, a criação de uma tela de comandos para a interação do usuário com o sistema. O software empregado foi o *InduSoft Web Studio* (IWS). Esta tela de comandos foi criada a partir de uma biblioteca de gráficos de equipamentos, tubulações e instrumentos, disponível no próprio programa.

As telas foram projetadas priorizando o conceito de funcionalidade na operação manual e a facilidade de visualização das variáveis do processo. Uma atenção especial foi dada para as telas de gráficos de temperatura, vazão e nível do tanque permitindo a monitoração e manuseio das variáveis, em tempo real, armazenando estes resultados em um histórico de dados para análise posterior. Na Figura 2 é apresentada a tela de interação virtual homem máquina.

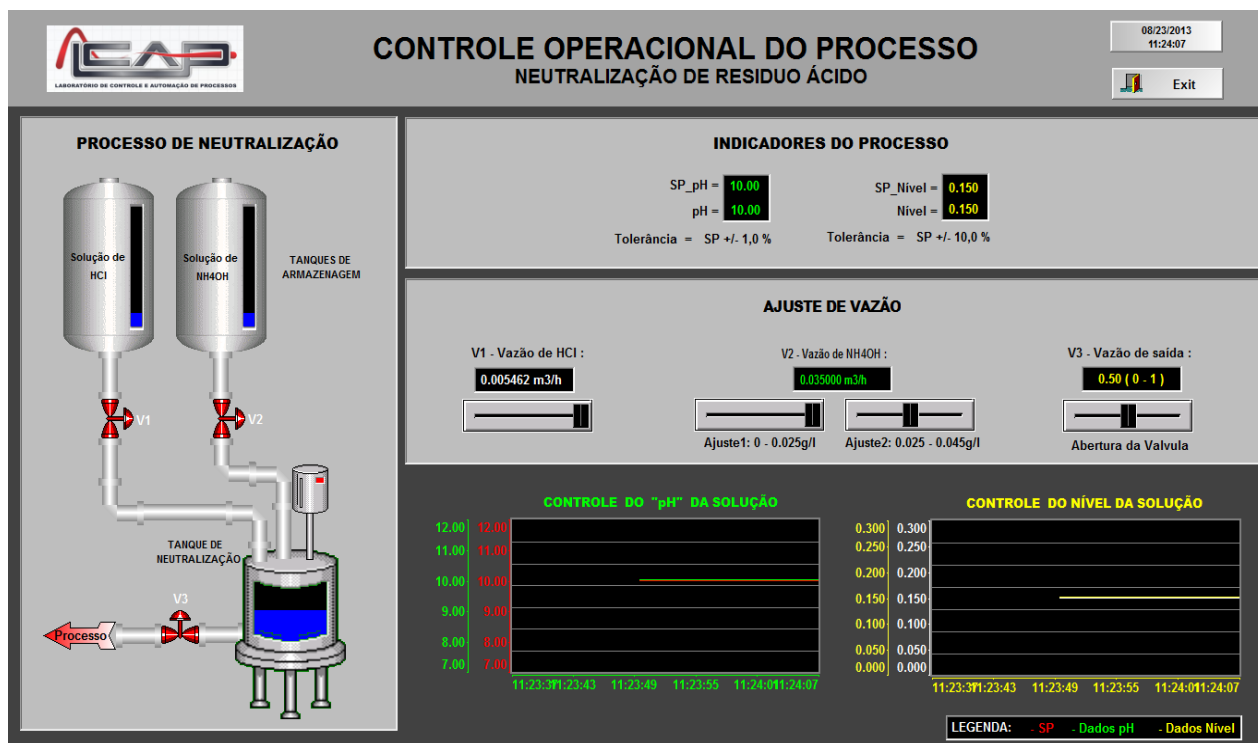


Figura 2: Tela (SVI) elaborado em *InduSoft Web Studio* (IWS).

Ressalta-se que, o novo ambiente virtual criado ao receber a comunicação com o ambiente *Matlab®* atuará como uma espécie de sistema intermediário, que recebe o ambiente construído no *Simulink/Matlab®*, permite a manipulação de dados em ambiente virtual e possibilita a captura da informação. O banco de dados formado poderá ser utilizado na avaliação de desempenho do sistema ou também para aplicações de construção da base de regras para ferramentas de controle avançado, como por exemplo, controladores baseados em Inteligência Artificial (IA).

## 2.3 Sistema de Comunicação

O software supervisor *InduSoft Web Studio* (IWS) e o ambiente *Simulink*, do programa *MATLAB®* foram utilizados para obtenção do sistema virtual integrado e na formação do sistema de aquisição das variáveis importantes do processo estudado.

A comunicação do sistema supervisor com o programa *Matlab®* foi estabelecida via porta OPC (Ole for Process Control) possibilitando assim, a integração entre os dois sistemas propostos. Para isso, foi necessário inserir dois blocos no ambiente *Simulink* denominados: (i) OPC (Block parameters: OPC Configuration) e (ii) OPC (Client Manager) já existente no *Simulink/Matlab®* (Figura 3) e configurar ambos os sistemas (*Matlab®* e *Indusoft*) para enviar e receber as informações do processo, em tempo real.

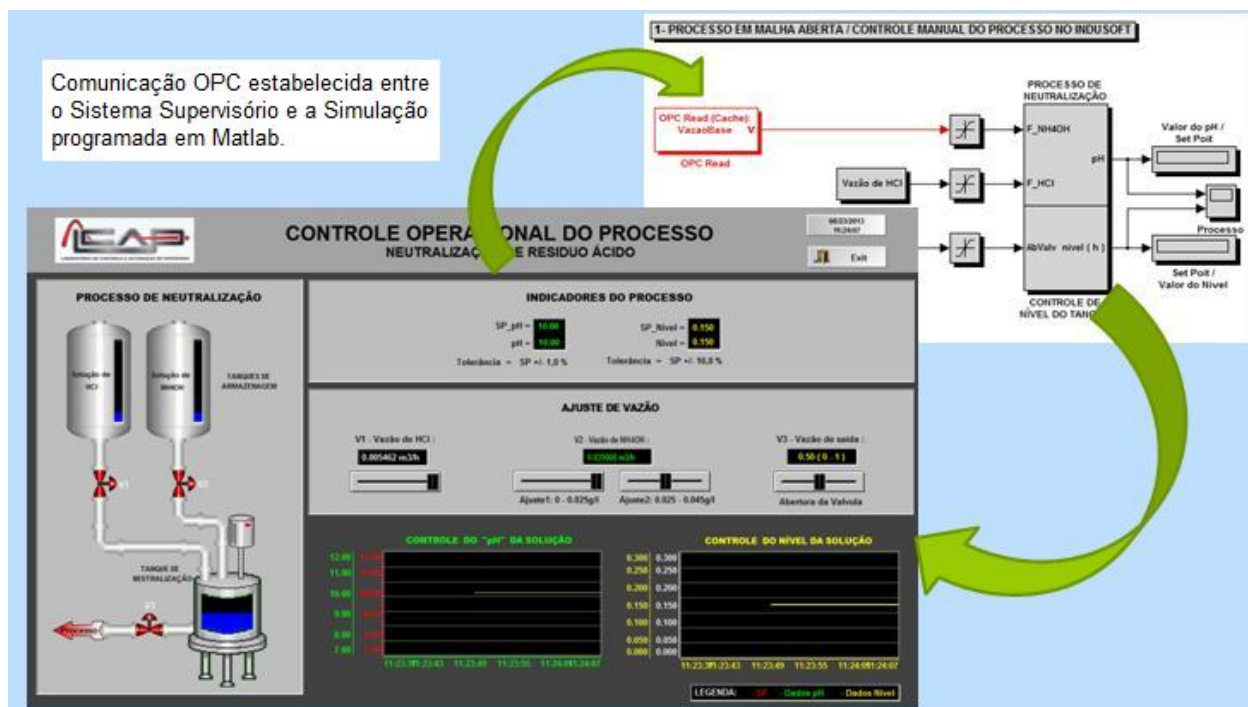


Figura 3: Esquema ilustrativo de integração: *Simulink/Matlab®* e *Indusoft*.

### 3. DISCUSSÃO

Com a ferramenta desenvolvida é possível que os profissionais da área técnica possam adquirir conhecimento sobre a planta estudada, uma vez que a planta foi representada a partir de sua descrição real, levando em conta restrições físicas e operacionais. Em outras palavras, treinando no sistema desenvolvido, o usuário poderá obter informações sobre a planta sem efetivamente ir à mesma.

É possível desenvolver diferentes cenários de operação aplicando a mesma metodologia de integração, uma vez que a modelagem e simulação do processo são realizadas integralmente no *Matlab®* e o sistema supervisório é utilizado como tela intermediária de atuação, flexibilizando a para o treinamento operacional. Porém, vale ressaltar que, as atividades voltadas ao sistema de segurança e detecção de falhas devem ser melhores estabelecidas para que sejam consideradas como um caso real.

Foi possível fazer a integração entre os programas *Simulink/Matlab®* e *Indusoft* podendo assim verificar a boa comunicação das informações entre os sistemas, não apresentando prejuízos ao desempenho no tempo, projetando nos dois sistemas a simulação em tempo real.

## 4. CONCLUSÃO

O sistema criado permite treinar e aplicar em tempo real os procedimentos e situações vivenciados em plantas reais, excluindo condições de risco. Através do estudo de caso, verificou-se a potencialidade da metodologia, pois a ferramenta desenvolvida pode minimizar retrabalhos, acidentes e perdas, ao propiciar o aumento do entendimento do processo pelo operador. Adicionalmente, essa metodologia pode ser replicada em outras plantas industriais.

## 5. REFERÊNCIAS

LOBÃO, E.C & PORTO, A.J.V.: Uso da simulação no ensino de engenharia. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM*, Bauru, Dez, 1997.

SILVA M. P. A., PAMPLONA A. R. S. JR., FILHO M.R., REIS F.V. Maintenance and Assembly Training in a Hydroelectric Unit of Energy Using Virtual Reality Desktop. *IEEE Latin America Transactions*. vol. 6, no. 5, September 2008.

NAZIR, S., COLOMBO, S., MANCA D. Testing and analyzing different training methods for industrial operators: an experimental approach. *Computer Aided Chemical Engineering*. Vol.32, p. 667–672, 2013.

YANG S.H., YANG L., HE C.H. Improve Safety of Industrial Processes Using Dynamic Operator Training Simulators. *Process Safety and Environmental Protection*. Vol.79, Issue 6, p. 329–338, 2001.

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. Sistemas de Controle Modernos. *Livros Técnicos e Científicos*, Rio de Janeiro, 8 ed., p. 659, 2001.