

# UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO, TESTES E VALIDAÇÃO DE PROJETOS DE AUTOMAÇÃO

Eduardo Ferreira de Freitas <sup>1</sup>

Marcos de Oliveira Fonseca <sup>2</sup>

Rodrigo Madeira Marques <sup>3</sup>

## Resumo

A utilização de técnicas de simulação, no desenvolvimento de projetos de automação industrial, é um recurso antigo, mas ainda pouco comum. A simulação computacional apresenta diversas vantagens para todas as etapas de desenvolvimento de projetos. Atualmente, diversos produtos e soluções para simulação computacional estão disponíveis, agregando muito valor ao desenvolvimento de projetos, e proporcionando a redução de custos, prazos e riscos, assim como melhoria da sua qualidade. O mercado cada vez mais competitivo, exige que as empresas façam uso das melhores técnicas e práticas na otimização de seus investimentos, sendo que, a simulação computacional é um recurso essencial para este objetivo. Este trabalho apresenta os conceitos básicos e soluções de simulação computacional mais usados no mercado de automação industrial, assim como os exemplos de sua utilização prática.

**Palavras-chave:** Simulação computacional; Automação.

## UTILIZATION OF SIMULATION TECHNIQUES FOR DEVELOPMENT, TESTING AND VALIDATION OF AUTOMATION PROJECTS

### Abstract

Simulation techniques' utilization in the development of industrial automation projects is an old resource, but still not so common. Computer simulation presents several advantages for all phases of a project development. Nowadays, several computer simulation products and solutions are available, adding value to project development and providing costs, time and risks reduction, as improving its quality. The competitive market requires to companies to use the best practices and techniques to optimize its investments and computer simulation is an essential resource to this goal. This paper presents the basic concepts and computer simulation solutions used in the industrial automation market and examples of its practical usage.

**Key words:** Computer simulation; Automation.

### I INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da engenharia, diversas técnicas e práticas são utilizadas para validar o correto entendimento, desenvolvimento e implementação de projetos. A utilização de modelos físicos em escala, como uma planta piloto, é uma técnica de simulação de um processo real para validação do projeto definitivo antes de sua execução. Como simulação podemos resumir todas as formas de representação ou imitação do comportamento de um sistema real. A utilização de modelos para representação do sistema real é a técnica mais comum, sendo o computador um excelente recurso para simulação de modelos.

A utilização do computador, para o desenvolvimento de modelos capazes de representar o comportamento de sistemas

reais, constitui uma das principais técnicas de simulação. A simulação computacional de modelos pode acontecer de duas formas: discreta e contínua. A simulação discreta consiste na observação do comportamento do sistema somente em determinados instantes de tempo. Os sistemas baseados em eventos, como uma fila de banco, são exemplos de simulação discreta. A simulação contínua ou "analógica" consiste na observação contínua no tempo do comportamento do sistema. A simulação utilizando modelos matemáticos de sistemas dinâmicos, como o modelo de um motor de corrente contínua, é um bom exemplo de simulação contínua.

<sup>1</sup> Engenheiro Eletricista, Engenheiro de Automação da ATAN Sistemas, Belo Horizonte - MG, Brasil

<sup>2</sup> Engenheiro Eletricista, M.Sc, Diretor da Divisão de Tecnologia da Automação da ATAN Sistemas – Av. Afonso Pena, 4001, 9º andar – Funcionários – 30130-008 – Belo Horizonte, MG (oliveira@atan.com.br)

<sup>3</sup> Engenheiro de Controle e Automação, Gerente de projetos da ATAN Sistemas, Belo Horizonte - MG, Brasil

A utilização de simulação computacional proporciona muitas vantagens para o desenvolvimento de projetos:<sup>(1)</sup>

- elaboração de modelos mais realistas, em função da liberdade para sua construção;
- processo de modelagem evolutivo, começando com modelos mais simples e aumentando a complexidade aos poucos;
- análise do tipo “E se?”, através do processo interativo de tornar mais claro as conseqüências de um conjunto de decisões;
- aplicação a problemas mal definidos;
- agilidade na busca de soluções;
- maior flexibilidade na solução de problemas de diversos tipos;
- maior visão sistêmica, através do entendimento do efeito das alterações locais no comportamento global;
- compressão e expansão do tempo;
- diagnóstico de problemas;
- visualização de diferentes planos, através de recursos de animação;
- facilidade de entendimento do comportamento do sistema real;
- validação de filosofias e condições de projeto, usando o simulador como um laboratório de testes virtual;
- possibilidade de verificar o comportamento do sistema real em condições extremas, além dos limites estabelecidos pelo projeto;
- redução de custo, risco e prazo, assim como melhoria da qualidade do projeto;
- proporciona um ambiente para análise e validação de otimizações; e
- possibilidade de treinamento dos usuários do sistema, sem a necessidade do acesso ao processo real.

A simulação também apresenta algumas desvantagens, as quais implicam no comprometimento da qualidade dos resultados obtidos, em função do custo-benefício para obtenção de um modelo válido. Entretanto, a grande variedade de soluções de simulação disponíveis no mercado têm contribuído para minimizar os custos para obtenção de modelos representativos.

A utilização da simulação computacional é possível quando o comportamento do sistema real puder ser implementado através de um modelo em software. Exemplos de simulação computacional podem ser encontrados nas mais diversas áreas, indo desde o estudo de sistemas biológicos, passando pelo desenvolvimento de projetos e jogos, chegando até aos sofisticados modelos de previsão meteorológica, os quais exigem supercomputadores devido à sua alta complexidade. Nem sempre é viável desenvolver um modelo muito preciso de um sistema real, principalmente quando a complexidade do mesmo exige um profundo conhecimento fenomenológico e matemático. Entretanto, o mercado está repleto de ambientes para simulação computacional que disponibilizam diversos recursos para construção de modelos de sistemas reais. Estes ambientes permitem que sejam construídos modelos dinâmicos baseados em eventos discretos e equações matemáticas, de forma a facilitar a simulação de sistemas dos mais simples até os mais complexos. O desenvolvimento evolutivo do modelo

permite ajustar o seu grau de precisão, em função das necessidades do projeto.

Em relação ao desenvolvimento de projetos de automação, podemos utilizar diversas técnicas de simulação e emulação computacional. Na prática, simuladores e emuladores são formas semelhantes de representação do comportamento de sistemas reais. Os ambientes de simulação disponíveis no mercado podem ser facilmente integrados aos sistemas de automação através do padrão OPC para comunicação industrial.

Este trabalho apresenta a utilização de técnicas de simulação no desenvolvimento de projetos de automação. Casos práticos ilustram os resultados proporcionados pelo uso da simulação computacional.

## 2 TIPOS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Toda simulação computacional consiste na criação de um modelo capaz de ser executado em ambiente computacional, com a finalidade de experimentação. O modelo de simulação tem as seguintes características:<sup>(1)</sup>

- intenção de representar a totalidade ou parte de um sistema;
- possibilidade de ser executado ou manipulado;
- o tempo ou um contador de repetições é uma de suas variáveis; e
- proposta de auxiliar no entendimento do sistema.

A Figura 1 apresenta uma visão geral da classificação dos tipos de modelos de simulação.

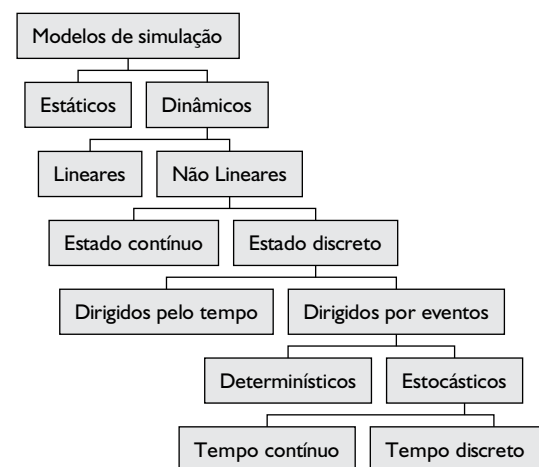


Figura 1. Classificação de modelos de simulação.<sup>(1)</sup>

Os modelos estáticos representam os sistemas independentes do tempo, ao passo que os modelos dinâmicos dependem da evolução do

tempo. Os modelos estáveis retornam à condição inicial após a retirada da excitação, enquanto os modelos instáveis se afastam da condição inicial após a retirada da excitação. Os modelos discretos são aqueles em que as variáveis sofrem variações em instantes de tempo determinados. Já nos modelos contínuos, as variáveis podem variar continuamente no tempo. Os modelos determinísticos são aqueles que não possuem variáveis de comportamento aleatório. Por fim, os modelos estocásticos possuem entradas aleatórias que resultam em saídas de comportamento aleatório.

A correta determinação do grau de precisão do modelo pode ser feita de forma evolutiva. A partir de um modelo mais simples, podem ser validados conceitos gerais sobre o comportamento do sistema real. À medida que se fizer necessário uma maior precisão do modelo, para determinadas condições a serem validadas, pode se melhorar a qualidade do modelo, aumentando-se a complexidade de suas partes ou da sua totalidade.

As ferramentas de simulação existentes no mercado, permitem uma total flexibilidade na construção de modelos, assim como a escolha de algoritmos mais adequados para a simulação de cada tipo. Na prática, busca-se, inicialmente, a utilização de modelos dinâmicos mais simples para a validação das principais funcionalidades do sistema real. A incorporação de técnicas de modelamento e até mesmo elementos estocásticos no modelo inicial, podem ser feitos sem maiores dificuldades, aumentando em muito, a riqueza dos resultados gerados para validação do modelo. Este processo evolutivo garante a obtenção de resultados valiosos, sem a necessidade de modelos matemáticos muito complexos, os quais, também, podem ser utilizados quando necessário. O custo-benefício da simulação computacional pode ser ajustado, caso a caso, viabilizando a sua adoção de forma ampla.

### 3 UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO EM PROJETOS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Diferentes técnicas de simulação podem ser utilizadas na solução dos mais variados tipos de problemas. No tocante aos problemas relacionados aos projetos de automação, a simulação computacional pode ser utilizada para:

- representação do comportamento dinâmico do processo controlado;

- representação do funcionamento de dispositivos e elementos de controle;
- estudos sobre a filosofia de controle e operação do processo;
- testes e validação de lógicas e funcionalidades de controle;
- testes e validação de desempenho e funcionalidades de comunicação;
- testes e validação de desempenho e funcionalidades de estações e servidores;
- estudos sobre otimização e melhoria do sistema de automação;
- treinamento de usuários; e
- outros.

O Quadro I apresenta um resumo das principais aplicações das técnicas de simulação para o desenvolvimento de projetos de automação industrial.

Ferramentas de simulação tridimensional são importantes para a consolidação do layout de uma planta, pois elas permitem a visualização de toda a área utilizada e auxiliam na identificação de interferências de equipamentos, solucionando previamente problemas que poderiam trazer sérios danos ao projeto em outro momento.

Na fase de desenvolvimento de um projeto de automação, a simulação é crucial para a validação do sistema desenvolvido, permitindo a antecipação de problemas e soluções que seriam vistos somente na fase de implantação. As ferramentas de simulação mais recentes permitem que o comportamento dinâmico de uma planta inteira seja simulado, juntamente com o funcionamento de todos os seus equipamentos e dispositivos de campo, possibilitando que as estratégias de controle e os procedimentos de operação possam ser validados, antes da entrada em operação da planta. Outro ponto importante no desenvolvimento de projetos de automação é o desempenho

**Quadro I.** Resumo da aplicação das técnicas de simulação em projetos de automação

Fase	Aplicação da simulação para	Finalidade
Análise funcional	Processo industrial	Melhorar o entendimento do funcionamento do processo
Projeto elétrico	Comandos do ambiente CAE	Validação do funcionamento da lógica de comando elétrico
Projeto de instrumentação	Malhas de controle	Testes e validação das estratégias de controle e sintonia de malhas
Projeto de sistemas hidráulicos e pneumáticos	Circuitos hidráulicos e pneumáticos	Validação do funcionamento do sistema hidráulico e pneumático
Programação de controladores	Execução de lógicas do ambiente de programação	Testes e validação de classes, objetos de controle, e algoritmos especiais
Configuração de supervisórios	Intervenção por parte do operador	Testes de desempenho e robustez do sistema
Testes integrados de plataforma	Funcionamento completo do processo e sistema de automação, incluindo redes	Testes e validação do desempenho e funcionamento do sistema como um todo
Treinamento	Funcionamento completo do processo e sistema de automação	Possibilitar a interação dos usuários com o processo e sistema de automação em ambiente virtual

do sistema. Com o uso de ferramentas computacionais corretas, o comportamento de um sistema completo pode ser simulado e medido para a verificação do seu desempenho e resposta a falhas. Algumas ferramentas interessantes nessa fase do projeto são os simuladores de processo, de redes, de dispositivos de campo e até simuladores de operação do sistema.

Os principais ganhos proporcionados pelo uso de técnicas de simulação aparecem, realmente, na fase de implantação de um projeto de automação. A validação de um sistema, com o uso de ferramentas de simulação, proporciona uma economia significativa nos gastos no comissionamento, pois os riscos envolvidos e o tempo de comissionamento são reduzidos, consideravelmente, devido a antecipação de grande parte dos problemas normalmente encontrados nessa fase. A redução do tempo de comissionamento gera um benefício ainda maior para as empresas, pois a antecipação da data do início de produção de uma planta pode representar um valor muito elevado.

## 4 APLICAÇÃO PRÁTICA

A seguir são apresentadas algumas aplicações práticas da utilização de simuladores em projetos de automação industrial.

### 4.1 Caso 1: Desenvolvimento, Testes e Validação do Sistema de Automação de uma Estação de Dessulfuração de Gusa na Panela - KR

Durante a fase de desenvolvimento de um sistema de automação para uma estação de dessulfuração de gusa, foi feito um simulador com o objetivo de validar todo o sistema. Este sistema de automação possui uma configuração típica: um programa de controle em dois CLPs e um sistema SCADA. A solução tradicional para testes deste tipo de sistema é um simulador feito no próprio CLP, já que esta é a forma mais simples. Por exemplo, é dado um comando no supervisor para ligar uma bomba. Quando este comando é recebido pelo CLP, a rotina de simulação retorna um bit indicando que tal equipamento está ligado. Obviamente, este programa de simulação pode ser mais elaborado, porém demandará cada vez mais consumo de CPU do CLP e uma planta com um grande número de equipamentos precisaria de uma rotina de simulação maior e mais complexa que o próprio programa de controle.

Uma solução disponível no mercado é a utilização de uma ferramenta para simulação computacional do processo para os testes do sistema de automação. Modelos dinâmicos simples foram desenvolvidos para cada equipamento da planta. A utilização de uma ferramenta com comunicação OPC possibilitou a sua fácil integração ao sistema de automação. Em cada modelo de equipamento foram implementadas todas as suas entradas e saídas, isto é, os comandos e estados como ligado ou em falha. Para as variáveis contínuas foram implementados modelos dinâmicos das funções de transferência. O funcionamento, em conjunto, de todos os equipamentos do processo foi obtido através da integração dos modelos parciais no simulador, constituindo-se um modelo funcional de todo o processo.

Os painéis de comando local também foram simulados, com a finalidade de testar os comandos de operação. Deste modo, durante os testes integrados do sistema com a participação do operador, foram desnecessárias quaisquer intervenções no programa do CLP, sendo que todos os comandos foram dados pelo supervisor ou pelos painéis no software de simulação. Portanto, o desempenho observado durante os testes ficou muito próximo do desempenho real do sistema de automação. Painéis virtuais foram utilizados para simulação de falhas dos equipamentos e do processo, como o aumento de pressão numa via de transporte pneumático, por exemplo.

A simulação também contou com uma simulação tridimensional da planta (Figura 2). Além de proporcionar uma visão do funcionamento da planta, para os envolvidos no desenvolvimento do sistema de automação, a simulação foi utilizada para treinamento dos operadores da planta. No treinamento, eles puderam interagir com a planta em operação através de uma “câmera virtual” e também operar os painéis locais. Os benefícios obtidos com a utilização do simulador neste projeto foi uma redução significativa do prazo, custo e risco no desenvolvimento e testes do projeto. Como a quantidade de erros obtida durante os testes de validação foram mínimas, os usuários do sistema de automação puderam atestar a considerável melhoria da qualidade do projeto.

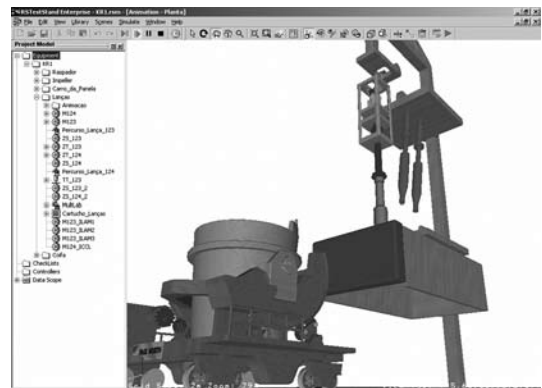
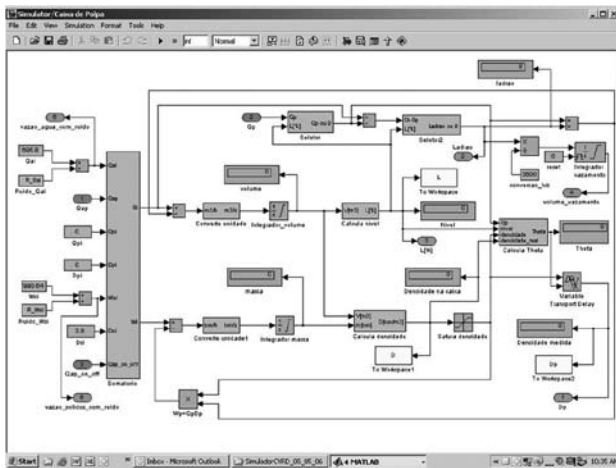


Figura 2. Simulador para sistema de dessulfuração utilizando o RSTestStand.<sup>(2)</sup>

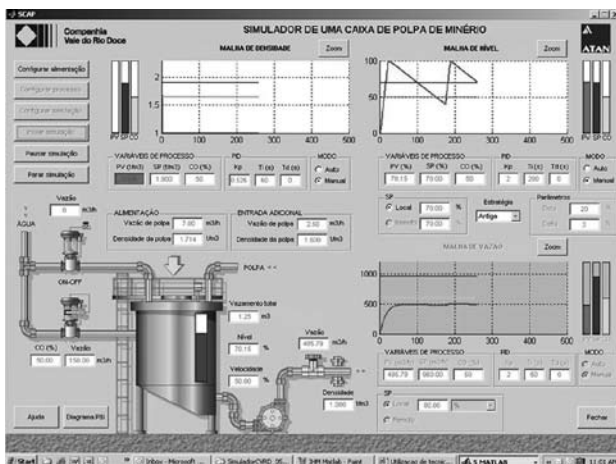
### 4.2 Caso 2: Validação do Modelo de Controle para uma Caixa de Polpa

Com o objetivo de melhorar a estratégia de controle das caixas de polpa de uma planta de mineração, foi construído um modelo matemático do processo real (Figura 3). Para simplificar a construção da simulação, foram utilizados modelos matemáticos simplificados de cada subsistema do processo, tais como: bombas, válvulas, tanques,

etc. A combinação destes modelos simplificados, num ambiente de simulação, permitiu criar um modelo mais completo do processo real, o qual foi validado dentro das condições operacionais com erros na faixa de 1%, que se mostraram adequados para os objetivos da simulação. No próprio simulador, foram implementadas as estratégias de controle antiga e a nova, sendo validados os benefícios proporcionados pela última para manter a densidade da caixa dentro dos limites exigidos pelo processo.



(a)



(b)

Figura 3. Simulador para caixa de polpa utilizando o Matlab e Simulink.<sup>(3)</sup> a) Modelo matemático; e b) interface gráfica para modelo

### 4.3 Caso 3: Desenvolvimento e Testes do Sistema de Controle de um Manipulador de Válvulas

Com o objetivo de validar as funcionalidades e comprovar o desempenho e robustez do sistema de controle de um novo manipulador hidráulico, construiu-se um modelo dinâmico para simulação do equipamento (Figura 4).

O modelo dinâmico priorizou o comportamento cinemático do manipulador; assim como a geração de falhas mecânicas, hidráulicas, elétricas e eletrônicas dos dispositivos do sistema. A utilização de uma ferramenta com capacidade de simulação 3D e comunicação OPC, permitiu simular todas as variáveis de processo para o CLP,

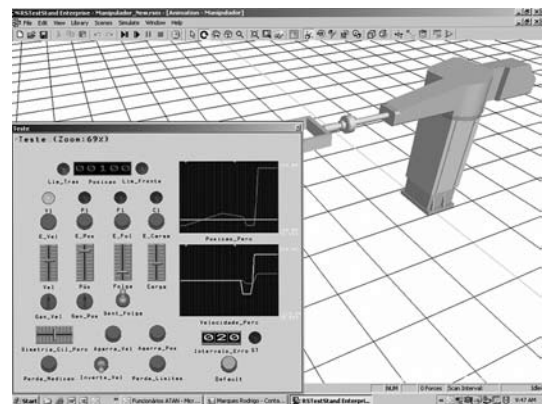


Figura 4. Simulador para manipulador hidráulico utilizando o RSTestStand.<sup>(3)</sup>

de forma a validar o funcionamento dos algoritmos de controle e, principalmente, o desempenho e robustez do mesmo em caso de falhas. Como o manipulador é um equipamento para uso em área de alto risco, a sua operação eficiente e de forma segura são os principais objetivos do projeto.

## 5 CONCLUSÕES

A utilização de simulação computacional é um recurso poderoso, que agrega muito valor ao desenvolvimento de projetos de automação. Os produtos disponíveis no mercado possuem muitos recursos para a criação e simulação de modelos.

A abordagem evolutiva deve sempre ser utilizada em função do custo-benefício para obtenção dos resultados esperados. A combinação de modelos dinâmicos mais simples, com elementos estocásticos, em um ambiente de simulação adequado, permite a obtenção de resultados valiosos na ausência de um modelo mais complexo e, naturalmente, de pior relação custo-benefício.

Os ganhos proporcionados pela utilização de técnicas de simulação em projetos de automação podem ser facilmente comprovados, principalmente, quando da reutilização de uma biblioteca de modelos. A partir da constatação prática em projetos realizados, os ganhos esperados são apresentados a seguir:

- redução do custo entre 5% e 25%;
- redução do prazo de projeto e implantação entre 10% e 30%;
- redução do risco em até 80%; e
- melhoria da qualidade entre 10% e 50%.

As empresas devem priorizar a adoção dos melhores recursos para otimização dos seus investimentos, sendo a simulação computacional uma realidade viável para os projetos de automação industrial.

## REFERÊNCIAS

- 1 GAVIRA, M. O. **Simulação Computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 150p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; 2003.
- 2 ROCKWELL AUTOMATION. **Manual do software RSTestStand**: versão 3.1. [S.l.]; 2006.
- 3 MATHWORKS INC. **Manual do software Matlab e Simulink**: versão 7.0. [S.l.]; 2004.

Recebido em: 15/01/07

Aceito em: 17/09/07

Proveniente de: SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, 10., 2006, Belo Horizonte, MG. São Paulo: ABM, 2006.