

## **SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS PARA COMISSONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLE**

**Quézia Manuela Gonçalves Laurindo, manulaurindo92@hotmail.com, Túlio Almeida Peixoto, tulioap@gmail.com, Leonardo das Dores Cardoso, leonardocardoso@gmail.com, João José de Assis Rangel, joao@ucam-campos.br, Ítalo de Oliveira Matias, italo@ucam-campos.br**  
Ucam-Campos

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um mecanismo para comissionamento de sistemas de controle através da integração de um modelo de simulação a eventos discretos com controladores lógicos programáveis. O modelo de simulação é executado no software Ururau e os testes ocorrem em uma bancada onde alguns dispositivos como botoeiras e sinalizadores acionam e indicam as operações do sistema simulado. Os primeiros resultados demonstram que o novo software permite a integração de forma satisfatória e demonstra a possibilidade de utilização do mesmo após as melhorias que vem sendo implementadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Java, CLP, Simulation

**ABSTRACT:** *This paper presents a mechanism for commissioning of control systems by integrating a discrete event simulation model with programmable logic controllers. The simulation model runs on the Ururau software and the tests occur on a bench where some devices such as buttonhole and flags activate and indicate the operations of the simulated system. The first results show that the new software enables the integration in a satisfactory manner and demonstrates the possibility of using the same after the improvements that have been implemented.*

**KEYWORDS** *Java, PLC, Simulation*

### **INTRODUÇÃO**

O presente trabalho apresenta um mecanismo para integração de um modelo de simulação a eventos discretos com um sistema de controle, utilizando controladores lógicos programáveis (CLP). A possibilidade de integração de modelos de simulação com sistemas de controle foi levantada há pelo menos uma década atrás por Dougall (1998) e Banks (2000). Existem softwares que são tradicionalmente utilizados para simulação de malhas de controle em processos industriais, através de modelagem matemáticas, como o Matlab/Simulink®. De outra forma, tem-se a possibilidade de utilização dos ambientes de simulação a eventos discretos onde se pode analisar e representar, dentre outras coisas, a relação espontânea do operador com o processo, ou seja, representar a aleatoriedade da ação/reação do operador, como no caso da necessidade de uma intervenção no sistema proveniente de uma falha.

O Ururau é o primeiro software de origem brasileira que pode ser utilizado na construção de modelos de simulação a eventos discretos (SED). O Ururau é um software de código aberto (licença GPL – General Public License) e multiplataforma, pois é desenvolvido em linguagem Java. A pesquisa com o novo software tem funcionado como uma espécie de laboratório na área de simulação de sistemas a eventos discretos (Peixoto et al., 2013)

### **METODOLOGIA**

Nesta seção será abordado o conceito geral para mapeamento do modelo de simulação com sistema de controle, que é realizado a partir da comunicação entre o software de programação do controlador e o ambiente de simulação Ururau.

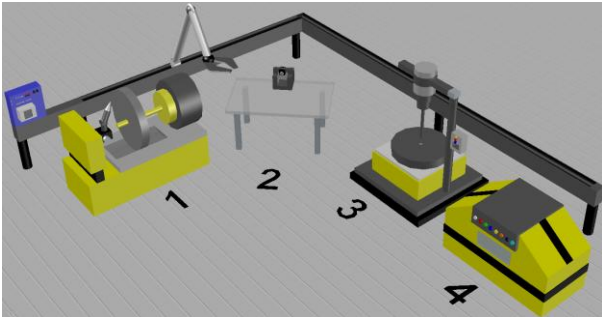
Nove diferentes aplicativos são utilizados para esta aplicação, como descritos a seguir:

- Ambiente de simulação Ururau;
- RSLogix5000 Enterprise Series (utilizado para a programação da lógica de controle no emulador);
- RSLogix500 Enterprise Series (utilizado para a programação da lógica de controle no CLP);
- RSLogixEmulate 5000 (emulador do CLP);
- RSLinx Classic (realiza a interface entre aplicativos da Rockwell Software);
- Kepware KEPServerEX 5 (cria um servidor de dados OPC).
- BOOT-DHCP Server (renomear o IP do CLP).
- Oracle Java JRE 7 (para executar o Ururau).
- Windows 7 Professional ou Ultimate (para mudar as políticas de segurança de acesso ao DCOM).

### **Procedimento experimental**

O sistema objeto deste trabalho refere-se a um ambiente hipotético típico de linha de produção industrial. O modelo aborda então um sistema de linha de produção de uma fábrica hipotética de autopeças.

O sistema é composto por uma Cédula Produtiva com 4 Postos de Trabalho, descrito na Figura 1.



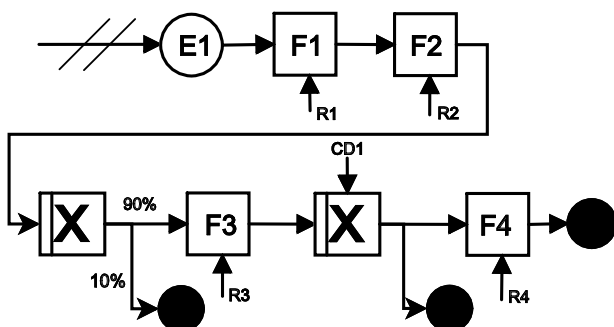
**Figura 1.** Sistema hipotético para representar o processo de produção modelado.

O primeiro posto de trabalho é um Torno. Este Torno possui tempo de processo que segue uma função normal com média de 3 minutos e desvio padrão de 1 minuto. Depois do Torno existe um posto de inspeção realizado por um operador. O tempo do processo de inspeção equivale a uma normal de média de 2 minutos e desvio padrão de 1 minuto e são descartadas 10% das peças por problemas de qualidade. Depois do posto de inspeção, tem uma furadeira manual que necessita de um operador para funcionar, com tempo de processo que segue uma triangular de (2,3,4.5) minutos. As peças que saem da furadeira só devem ser levadas para a retífica, com tempo de operação que segue uma normal com média de 3 minutos e desvio padrão de 1 minuto, se a sua fila de peças em espera for menor que 6. Caso a fila esteja maior ou igual a 6, as peças são desviadas para outra linha, de modo a não interromper a produção.

A chegada das peças na Célula de Produção acontece segundo uma função exponencial de média de 3,5 minutos no Posto de trabalho do Torno.

O modelo conceitual foi elaborado com apoio do software DIA. Este software é oriundo de um projeto de Iniciação Científica e tem por finalidade auxiliar a implementação de modelos conceituais em IDEF-SIM. Tanto a linguagem IDEF-SIM como o software Dia foram desenvolvidos pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). A linguagem IDEF-SIM pode ser encontrada em detalhes em Montevechi et al (2010). Já o software Dia pode ser baixado livremente em: (<http://www.unifei.edu.br/projeto-dia>).

A Figura 2 apresenta o modelo conceitual do sistema descrito e a Tabela 1 apresenta as informações referentes aos dados do sistema.



**Figura 2.** Modelo conceitual implementado no software DIA

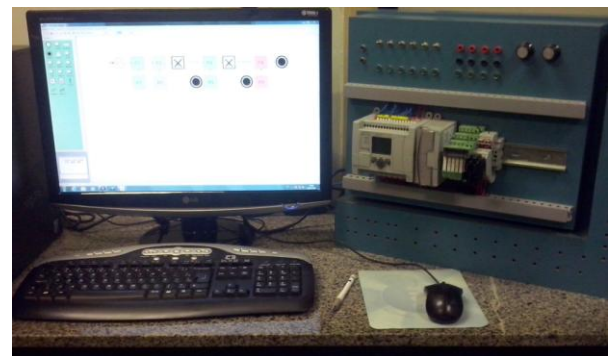
**Tabela 1.** Nomenclatura das funções presentes no sistema modelado

Descrição	Parâmetro
Entidade: Peças	Função: EXPO (3,5) min; 1 por vez; máximo infinito; primeira chegada
Processo: Torneamento	Função: NORM(3,1) min; quantidade: 1
Processo: Inspeção	Função: NORM(2,1) min; quantidade: 1
Processo: Furação	Função: TRIA(2,3,4.5) min; quantidade: 1
Processo: Retificação	Função: NORM(3,1) min; quantidade: 1
Recurso: Torno	Quantidade: 1
Recurso: Inspetor	Quantidade: 1
Recurso: Furadeira	Quantidade: 1
Recurso: Retífica	Quantidade: 1
CD1: Decide o percurso da peça em função de tamanho da fila.	Se $F4 < 6$ então a peça segue para Retífica

### APLICAÇÃO UTILIZANDO CLP

A Figura 3 apresenta o modelo de simulação do sistema descrito e o painel de controle, contendo:

- CLP MicroLogix 1100;
- Entrada de comunicação ethernet;
- Fonte de alimentação 24 Vcc;
- Módulo analógico (4-20 mA) com 2 entradas e 2 saídas;
- Duas entradas analógicas (0-10 Vcc) com potenciômetro;
- Seis chaves e quatro contatos de entradas digitais;
- Seis relés de saídas digitais.



**Figura 3:** Bancada de teste do modelo de simulação e CLP.

A Figura 4 apresenta um detalhe do funcionamento do sistema. Observe que o acionamento da chave indicado pelo acionamento da luz vermelha permite que o controlador receba um sinal da bancada e possa

interagir com o sistema de controle e o modelo de simulação.



**Figura 4:** Momento de um teste do modelo de simulação e CLP.

## CONCLUSÃO

Os testes com o mecanismo apresentado neste trabalho para integração de modelos de simulação com sistemas de controle se mostrou eficiente e atendeu aos objetivos propostos. Espera-se que com o presente trabalho esteja sendo aberta a possibilidade de utilização de testes e treinamento em sistemas de controle utilizando modelos de simulação a eventos discretos com o software Ururau.

Destaca-se também que a criação do Ururau tem como objetivo principal o de contribuir para facilitar a difusão, o uso e a compreensão no Brasil da simulação desde a sua aplicação prática até a concepção interna de sua estrutura computacional e código fonte.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo suporte financeiro para esta pesquisa. Gostariam de agradecer ainda à T&T Automação e Sistemas Industriais Ltda pelo fornecimento dos recursos necessários para a construção do sistema de controle com CLP.

## REFERÊNCIAS

- BANKS, J. Simulation in the Future. In: Winter Simulation Conference, Orland, USA. P. 1568 - 1576, 2000.
- DOUGALL, D. J. Applications and benefits of real-Time I/O simulation for PLC and PC control systems. ISA Transactions. Vol. 36. Nº 4: p. 305-311, 1998.
- PEIXOTO, T.A. & RANGEL, J.J.A. & MATIAS, I. O & MONTEVECHI, J.A.B. & MIRANDA, R.C. (2013). Ururau – Um Ambiente para

Desenvolvimento de Modelos de Simulação a Eventos Discretos. PODEs - Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento. Vol.5, n.3, p.373-405.

MONTEVECHI, J.A.B.; LEAL, F.; DE PINHO, A.F.; SILVA COSTA, R.F.; OLIVEIRA, M.L.M.; SILVA, A.L.F. (2010) Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company. In: *Winter Simulation Conference, 2010, Baltimore. Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference, 2010.* 1624-1635.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este artigo.