



## SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO EM UM PROCESSO DE CARREGAMENTO

Luiz Felipe Bueno Gouvêa, Renato Santos Carrijo.

FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

**Resumo** - O objetivo deste documento é desenvolver um sistema de controle e monitoramento de um processo de carregamento, visando proporcionar uma visualização em tempo real do andamento do processo, fornecer assertividade no número de produtos carregados e aumento da produtividade. Além disso, o trabalho também tem como finalidade abrir portas para o desenvolvimento de melhorias e criação de outros sistemas de automação no setor logístico. Foram utilizados os softwares CODESYS e Factory IO, conectados a partir de uma comunicação OPC, para simulação do processo.

**Palavras-Chave** – Automação, CODESYS, Comunicação OPC, Factory IO, Logística, Simulação.

### CONTROL AND MONITORING SYSTEM IN A LOADING PROCESS

**Abstract** - The objective of this document is to develop a control and monitoring system for a loading process, in order to provide a real-time view of the progress, provide an accurate number of loaded products and increase productivity. In addition, the work also aims to open doors for improvements and creation of other automation systems in the logistics sector. Two softwares, CODESYS and Factory IO connected through and OPC communication, were used to simulate the process.

**Keywords** – Automation, CODESYS, Factory IO, Logistics, OPC Communication, Simulation.

### I. INTRODUÇÃO

No século XVIII, a busca pelo aumento da produção, a execução de tarefas em menor tempo e o aumento dos lucros impulsionaram a primeira Revolução Industrial, criando-se o primeiro conceito de automação, em que eram utilizadas máquinas a vapor, para que a produção ganhasse mais ritmo. A partir de 1870, a adoção da eletricidade e da divisão do trabalho na indústria deu início à Segunda Revolução Industrial, que também apresentou ao mundo a produção em massa através das linhas de montagem, idealizadas e implementadas por Henry Ford.

\*[engluizfelipecbueno@gmail.com](mailto:engluizfelipecbueno@gmail.com)

A terceira Revolução Industrial, ocorrida no século XX, foi impulsionada pela Segunda Guerra Mundial quando se desenvolveram avançadas técnicas de eletrônica para automação dos processos de produção, através da introdução dos controladores lógico programáveis (CLP) e da tecnologia da informação (TI) no chão de fábrica. Essas mudanças trouxeram ganhos significativos para a indústria como redução de custos de produção, aumento da produtividade, diminuição de perdas e falhas no ciclo produtivo e conseqüentemente aumento de lucros e crescimento das empresas [1].

Por fim, estamos entrando na era da Indústria 4.0, em que existe o aumento da informatização nos meios de produção, onde as estruturas físicas estão cada vez mais integradas com as redes de informação digital, proporcionando a integração de um grande número de sistemas em todos os níveis de produção, sendo possível encontrar soluções com a menor quantidade de operações nas atividades [2].

No cenário atual, a tecnologia e a automação já não estão mais inseridas somente na indústria, mas no dia-a-dia de todas as empresas, conhecida como Automação Comercial, que diz respeito à utilização de ferramentas e métodos tecnológicos para a automatização de tarefas corporativas. O desenvolvimento da automação inicia com a implantação de equipamentos e a substituição de procedimentos e rotinas manuais por automáticos, até chegar à utilização de ferramentas, que possibilitam mais controle e melhor administração do negócio, obtendo maior rentabilidade, competitividade, produtividade e confiabilidade [3].

Nesse contexto, as empresas têm buscado cada vez mais o uso de tecnologias e de automações que proporcionem integração de informações no processo, redução de custos e desperdícios, aumento da produtividade, assertividade e controle sobre vendas e faturamentos, essas são algumas vantagens a serem entregues pelo presente projeto.

O setor logístico, em que este trabalho está inserido, é uma área em grande expansão e que possui vastas oportunidades de aplicações de soluções automatizadas, desde robôs independentes utilizados na separação de produtos, como os utilizados em armazéns da multinacional BAT, como o uso de Warehouse Management System (WMS), desenvolvimento de macros simples, análises periódicas automáticas, entre outros. Diante disso, este projeto tem como objetivo utilizar o conceito de Automação Comercial para atender uma área ainda pouco explorada pela automação, o processo de carregamento.

O carregamento se inicia após duas outras etapas: a separação, em que o operador faz a coleta dos produtos no porta-*pallets* e os posiciona na doca de carregamento, e a conferência, em que o operador compara a quantidade separada com a quantidade exigida no pedido (lista de separação da carga).

No processo de carregamento, o operador faz o trânsito dos *pallets* separados, utilizando uma paleteira, até o interior da carreta onde o *pallet* é desmontado e as caixas posicionadas uma a uma. Esse tipo carga é conhecido como carga “batida”, em que as caixas são arrumadas, individualmente, uma sobre a outra e em suas próprias embalagens [4].

Diante de um processo majoritariamente manual, esse presente trabalho apresentará um sistema de controle e supervisão, tendo por base o objetivo de automatizar, controlar e monitorar um processo de carregamento, buscando uma visualização em tempo real do status do processo, assertividade nas quantidades de produtos carregados, a redução de prejuízos ocasionados por erros humanos e o aumento de produtividade.

## II. ESCOPO DO TRABALHO

O projeto tem por motivação a oportunidade de desenvolver um sistema de controle e monitoramento de um processo de carregamento de carretas. Para tal, foi desenvolvida uma simulação do controle e do processo físico, técnica que se fundamenta em princípios do ensino baseado em tarefas e se utiliza da reprodução parcial ou total destas tarefas em um modelo artificial, conceituado como simulador [5].

Para a simulação do controle e monitoramento do processo foi utilizado o software CODESYS, capaz de simular processos utilizando linguagens de programação usadas em sistemas controlados por CLPs, e o Factory IO, um software de simulação de automação de sistemas em 3D para aprendizado que permite a criação de uma visualização gráfica de um processo industrial [6].

Para a transferência de dados foi utilizada a comunicação Ole for Process Control (OPC) entre o CODESYS e o Factory IO, a fim de simular em tempo real o controle e monitoramento (CODESYS simulando o controlador) e a visualização (Factory IO simulando o processo físico) do processo. O principal objetivo da utilização dessa comunicação é sua facilidade de adaptação em projetos futuros e em aplicações reais, já que a comunicação OPC está presente em IHMs (interface homem máquina) e Sistemas Supervisórios.

A partir da conexão entre o CODESYS e o Factory IO foi possível simular um processo real e desenvolver um painel de controle e monitoramento do mesmo. Os dados monitorados foram status do carregamento, status dos sensores e atuadores, quantidade de caixas carregadas e tempo de carregamento.

Um dos objetivos deste trabalho foi reduzir prejuízos com erros de carregamento, através da assertividade na quantidade de produtos carregados, diminuir o tempo e esforço físico do operador com o trânsito de *pallets* até o interior da carreta e abrir portas para análises importantes no ambiente logístico como a produtividade de carregamento, taxa de ocupação da carreta e peso.

## III. DESENVOLVIMENTO

Foi desenvolvida uma arquitetura para o projeto conforme Figura 1, discutida detalhadamente nos tópicos subsequentes.

Figura 1 - Arquitetura do projeto.

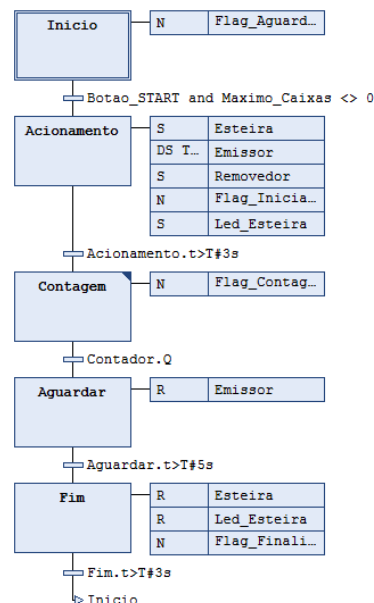


### A. Simulação no CODESYS.

No desenvolvimento do projeto foi utilizado o software CODESYS para criar a simulação de um processo de carregamento. Para isso, foram utilizadas três linguagens de programação: SFC, Ladder e ST.

A programação em SFC é feita em blocos, cada bloco (chamado de passo ou *step*) possui ações, que atuam sobre as variáveis declaradas, e é seguido de uma transição que, se executada, aciona um novo passo. A lógica principal do projeto foi desenvolvida em 5 passos (*steps*), sendo eles Início, Acionamento, Contagem, Aguardar e Fim.

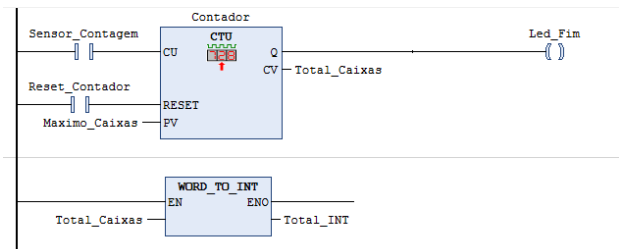
Figura 2 - Lógica em SFC.



O primeiro passo, declarado como “Início”, aguarda até que o “Botão\_START” seja acionado e a quantidade de caixas da carga seja preenchida na tela de controle (supervisório), abordada nos próximos passos. Quando isso acontece, a transição é executada e inicia o passo “Acionamento”. Esse, por sua vez liga a esteira, aciona o emissor, o removedor e o LED da esteira na tela de supervisório.

O passo “Contagem” foi desenvolvido em Ladder, linguagem que faz uso de diversos tipos de blocos de controle como contadores, temporizadores, entradas, saídas, entre outros. Durante este passo, quando uma caixa passa pelo sensor na simulação do Factory IO, o contador de caixas é incrementado, Figura 3.

Figura 3 - Contador de caixas em Ladder.



Quando o número de caixas atinge a quantidade total da carga esperada o LED de identificação do fim do carregamento é acionado. Nesse passo também foi utilizado um bloco de conversão para passagem da contagem para o Factory IO.

O passo “Aguardar” desliga o emissor e aguarda até que a última caixa atinja o fim da esteira.

Por último, o passo “Fim” desliga a esteira e o LED, retornando ao início do processo.

Ao longo da lógica em SFC são acionados quatro *flags* diferentes, utilizados na atualização do status do carregamento na tela de supervisão.

### B. Sistema Supervisório.

A fim de atingir o objetivo de controlar e monitorar o processo, foi desenvolvido um sistema supervisório utilizando a ferramenta de visualização do CODESYS, conforme Figura 4.

Figura 4 - Sistema Supervisório.



O processo de controle desenvolvido se inicia quando o usuário insere a quantidade de caixas esperada da carga e pressiona o botão “START”.

O processo de monitoramento possui três LEDs de identificação: de acionamento da esteira, acionamento do contador e do fim do carregamento.

Além disso, possui três variáveis textuais atualizadas ao longo do processo: o total de caixas já carregadas, o status do carregamento e o tempo de carregamento. Para a atualização das duas últimas variáveis foi desenvolvida uma lógica em ST, linguagem de programação textual, conforme Figura 5.

Figura 5 - Lógica de atualização do status e cálculo do tempo de carregamento.

```

1 IF Simulacao.Flag_Aguardando THEN
2   Status_Carregamento := 'Aguardando';
3 END_IF
4
5 IF Simulacao.Flag_Iniciando THEN
6   Status_Carregamento := 'Iniciando Carregamento';
7 END_IF
8
9 IF Simulacao.Flag_Contagem THEN
10  IF aux = 0 THEN
11    Inicio:= TIME();
12    aux := 1;
13  END_IF
14  Status_Carregamento := 'Em Andamento';
15
16 END_IF
17
18 IF Simulacao.Flag_Finalizado THEN
19  IF aux2 = 0 THEN
20    Fim := TIME();
21    aux2 := 1;
22  END_IF
23  Status_Carregamento := 'Finalizado!';
24  Tempo_Carregamento := Fim - Inicio;
25 END_IF

```

A lógica desenvolvida preenche a variável de status do carregamento de acordo com o passo em execução, sua atualização é acionada pelos *flags* criados na lógica em SFC. Nessa etapa também foi desenvolvida uma lógica para cálculo do tempo de carregamento utilizando a função TIME.

Ao atingir o número de caixas esperadas o LED de fim de carregamento é acionado, o status de carregamento é atualizado como “Finalizado” e o tempo de carregamento calculado é apresentado na aba de Monitoramento, conforme Figura 6.

Figura 6 - Sistema Supervisório após o fim do carregamento.



Durante um processo manual de carregamento, por exemplo, pode ser difícil identificar a quantidade de produtos já embarcados na carreta sem uma nova conferência da carga.

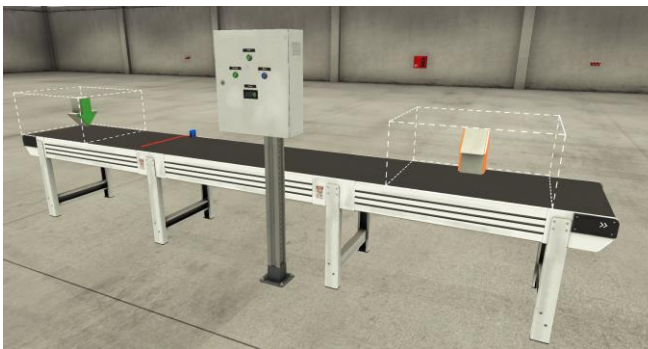
O uso de um sistema de monitoramento como o proposto, permite a visualização em tempo real do estado do processo e a quantidade de produtos embarcados. Diante disso, é possível comparar a quantidade solicitada no pedido (lista de separação) e a quantidade embarcada durante o ato do carregamento, possibilitando a parada do processo e correção de possíveis erros.

### C. Simulação no Factory IO.

Durante um processo de carregamento manual o operador deve transitar com os *pallets* da doca de carregamento até o interior da carreta, onde ele é desmontado e as caixas são organizadas individualmente uma sobre a outra. O uso do Factory IO teve como objetivo simular a proposta de automatização desse processo, em que o operador desmonta o *pallet* e alimenta uma esteira, que leva as caixas até o interior da carreta, reduzindo o tempo e o esforço físico gastos por ele, e os prejuízos com a queda de produtos durante o trânsito dos *pallets*.

Para o desenvolvimento da simulação no software Factory IO foram utilizados emissores, esteiras, sensores e removedores, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Simulação no software Factory IO.



O emissor é o dispositivo que insere produtos na área de simulação.

A esteira é o dispositivo que permite a movimentação dos produtos ao longo do processo.

O sensor utilizado foi um sensor fotoelétrico, acionado quando identifica qualquer material sólido dentro de uma distância determinada.

O removedor é o dispositivo que retira produtos da área de simulação.

Também foram adicionados dois LEDs, sendo um de identificação de acionamento da esteira e o outro de fim de carregamento, e um display mostrando a quantidade de produtos contados, conforme Figura 8.

Figura 8 - Monitoramento no Factory IO.



Em suma, o processo de simulação no CODESYS se inicia quando o botão “START” na tela de supervisor é acionado. No passo “Contagem” o Factory IO simula a emissão de caixas em uma esteira e o contador é atualizado de acordo com a quantidade identificada pelo sensor fotoelétrico presente na esteira.

Figura 9 - Simulação do processo em andamento no Factory IO.



### D. Comunicação OPC.

A fim de estabelecer a transferência de dados entre o CODESYS e o Factory IO, foi estabelecida uma comunicação utilizando o CODESYS OPC Server, já incluso no CODESYS 3.5, capaz de comunicar e transferir dados do CODESYS para outros CLPs, IHMs e outros softwares, como o Factory IO.

Para isso foi necessário selecionar, no CODESYS, as variáveis desejadas na comunicação, utilizando o objeto *Symbol Configuration*, e conectá-las aos devidos dispositivos na simulação em 3D no Factory IO, conforme Figura 10.



Figura 10 - Configuração de variáveis OPC no CODESYS.

Symbols	Access Rights	Maximal	Attribute	Type	Members	Comment
Constants						
toConfig_Globais						
Simulacao						
Acionamento				IecSf.SFCStepType	...	
Acionamento_to_Contagem				BOOL		
Aguardar				IecSf.SFCStepType	...	
Aguardar_to_Fim				BOOL		
Botao_START				BOOL		
Contador				CTU	...	
Contagem				IecSf.SFCStepType	...	
Contagem_to_Aguardar				BOOL		
Emissor				BOOL		
Esteira				BOOL		
Fim				IecSf.SFCStepType	...	
Fim_to_Inicio				BOOL		
Flag_Aguardando				BOOL		
Flag_Contagem				BOOL		
Flag_Finalizado				BOOL		
Flag_Iniciando				BOOL		
Inicio				IecSf.SFCStepType	...	
Inicio_to_Acionamento				BOOL		
Led_Esteira				BOOL		
Led_Fim				BOOL		
Maximo_Caixas				WORD		
Removedor				BOOL		
Reset_Contador				BOOL		
Sensor_Contagem				BOOL		
Total_Caixas				WORD		
Total_INT				INT		
Emissor				IecSf.SFCActionType	...	
Esteira				IecSf.SFCActionType	...	
Flag_Aguardando				IecSf.SFCActionType	...	
Flag_Contagem				IecSf.SFCActionType	...	
Flag_Finalizado				IecSf.SFCActionType	...	
Flag_Iniciando				IecSf.SFCActionType	...	
Led_Esteira				IecSf.SFCActionType	...	
Removedor				IecSf.SFCActionType	...	
Visualizacao_ST						

As mesmas variáveis foram vinculadas aos atuadores (esteira, emissor, removedor, LEDs) e sensores (botão e sensor fotoelétrico) declarados no Factory IO, conforme Figura 11.

Figura 11 - Configuração de variáveis OPC no Factory IO.

SENSORS	Server	ACTUATORS
FACTORY I/O (Paused)	Server: OPCUAServer@DESKTOP.QJH 99JT (UA) (32)	Botao_START
FACTORY I/O (Reset)	SerialNumber	Contador
FACTORY I/O (Running)	RevisionCounter	Emissor
FACTORY I/O (Time Scale)	Manufacturer	Esteira
Sensor_Contagem	Model	FACTORY I/O (Camera Position)
START	DeviceManual	FACTORY I/O (Pause)
	DeviceRevision	FACTORY I/O (Reset)
	SoftwareRevision	FACTORY I/O (Run)
	HardwareRevision	LED_Esteira
	Botao_START	LED_Fim
	Emissor	Removedor
	Esteira	
	Led_Esteira	
	Led_Fim	
Sensor_Contagem	Sensor_Contagem	
	Total_INT	
	ServerUriArray	
	...undantServerArray	
	CurrentServerId	
	RedundancySupport	

Com todas as variáveis configuradas foi iniciado o CODESYS OPC Server e feita a conexão do Factory IO e da lógica do CODESYS para iniciar a simulação.

A comunicação se mostrou eficiente, pois não houve perda de dados e o tempo de resposta foi ideal para o monitoramento do processo desejado. Além disso, a comunicação OPC está inserida na Indústria 4.0, em que as informações estão cada vez mais integradas e mais facilmente acessíveis, como proposto nesse monitoramento, e é amplamente utilizada na transferência de dados entre dispositivos com drivers diferentes, ideal para aplicações em processos reais.

## IV. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foram apresentadas simulações nos softwares CODESYS (controlador) e Factory IO (processo físico), com comunicação OPC, representando um sistema automatizado. O trabalho foi capaz de apresentar uma visualização em tempo real do processo, fornecendo o status do carregamento, o número de caixas carregadas, o tempo de duração do carregamento e indicadores de acionamento da esteira e do contador. Os resultados alcançados serão utilizados em trabalhos futuros.

Com a implantação desse sistema em um processo real, espera-se obter aumento da produtividade, reduzindo o tempo e esforço gastos pelo operador com o deslocamento de pallets até o interior da carreta, e melhor controle, utilizando o sistema supervisorio é possível monitorar o processo em tempo real, fazer estimativas de tempo até o fim do carregamento, identificar a quantidade de produtos já carregados, entre outros.

Além de melhores resultados com sua aplicação em campo mencionados, o projeto também busca trazer ganhos para o meio acadêmico, já que a integração das ferramentas utilizadas permite a criação de sistemas de automação de forma virtual, permitindo simulações complexas que normalmente são feitos em laboratórios e requerem equipamentos industriais.

Como trabalho futuro, espera-se desenvolver uma lógica de identificação de diferentes tipos de produtos e realizar uma contagem por produto. Também se espera poder desenvolver um relatório automático com os dados da carga.

## REFERÊNCIAS

- [1] SILVEIRA, C. C. **APLICAÇÃO DE CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 EM SERVIÇOS: UM ESTUDO DE CASO DO SETOR FINANCEIRO**. 2018. 60p. (Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.
- [2] ISHIZAKI, A. M. **PROJETO DE AUTOMAÇÃO COMERCIAL PARA RESTAURANTE DE PEQUENO PORTE**. Dezembro de 2009. 33p. (Engenharia Elétrica) - Universidade São Francisco, Campinas, 2009.
- [3] MASLARIC, M. et al. **Logistics Response to the Industry 4.0: the Pshysical Internet**. De Gruyter Open: Open Engineering, 2016.
- [4] JULIO. (12 de abril de 2019). **Qual a diferença entre carga batida e carga paletizada?** Haas Madeiras. Disponível em: <https://www.haasmadeiras.com.br/carga-batida-e-carga-paletizada/>. Acesso em: agosto de 2021.
- [5] FILHO, A. P. et al. **SIMULAÇÃO: DEFINIÇÃO**. Ribeirão Preto: Medicina, junho de 2007.

[6] Factory IO. **About Factory IO**. Factory IO Docs.  
Disponível em: <https://docs.factoryio.com/>. Acesso em:  
agosto de 2021.