

# Capítulo 8

## Especificação, desenvolvimento e implantação de sistemas de automação

**Mauro de Mesquita Spinola**  
**Marcelo Schneck de Paula Pessoa**  
**EPUSP-PRO**



**USP**  
UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



**EPUSP**

# As perguntas de hoje:

---

- Quais são as etapas de um projeto de automação?
- Como especificar sistemas de automação?
- Como desenvolver e implantar sistemas de automação?

# Agenda

- ❑ 1. Exercício rápido
- ❑ 2. Projetos de automação: elementos essenciais
- ❑ 3. Identificação e contexto
- ❑ 4. Segurança, confiabilidade e disponibilidade
- ❑ 5. Especificação
  - Desenvolvimento de requisitos
  - Gestão de requisitos
- ❑ 6. Design e construção
- ❑ 7. Implantação, operação, manutenção e descarte.



# 1. Exercício rápido

---

- Quais são os riscos de um projeto de sistema de automação?
  
- Como eles podem ser mitigados?

# 2. Projetos de automação: elementos essenciais



Identificação  
e contexto

Processo produtivo  
Benefícios  
Requisitos gerais

Segurança,  
confiabilidade e  
disponibilidade

Características críticas  
Riscos

Especificação

Requisitos

*Design* e  
construção

Solução técnica

Implantação,  
operação,  
manutenção  
e descarte

Implantação  
Atividades  
subsequentes

# Aplicação



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



EPUSP

Disciplina: PRO3252 Automação e Controle [Profs. Drs. M Spinola e M Pessôa]

## Exercício de Especificação de Sistema de Automação

[Identificação do grupo e dos integrantes que participaram da elaboração]

### Contextos para o exercício

Cada grupo deve estudar o sistema de automação referente a uma modalidade de esporte e fazer a sua especificação, seguindo o roteiro proposto (veja ao final os itens obrigatórios para este exercício). Basear-se no livro texto da disciplina. Onde requerido, identificar as tecnologias possíveis de serem utilizadas, avaliar os quesitos de

# Projetos de automação: elementos essenciais



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

Identificação  
e contexto

Processo produtivo  
Benefícios  
Requisitos gerais

Segurança,  
confiabilidade e  
disponibilidade

Características críticas  
Riscos

Especificação

Requisitos

*Design* e  
construção

Solução técnica

Implantação,  
operação,  
manutenção  
e descarte

Implantação  
Atividades  
subsequentes

# 3. Identificação e contexto: o ponto de partida

- O que deve e pode ser automatizado?
- Características e necessidades do sistema produtivo
- Lista inicial de sensores e atuadores
- Papel dos operadores e características da interface humano-computador (HCI)
- Questões operacionais (apoio a registros necessário, precisões requeridas)



EPUSP



# 3. Identificação e contexto: o que deve ser automatizado?



O que deve ser automatizado?

Esta questão envolve várias outras:

- Como é o sistema atual?
- Trata-se de uma evolução de sistema manual para automático?
- Trata-se de uma evolução tecnológica?

# 3. Identificação e contexto: o sistema produtivo

- **Características e necessidades do sistema produtivo**
  - Compreender a relação tipo de produção versus tipo de automação
  - Verificar os parâmetros flexibilidade versus produtividade



# 3. Identificação e contexto: sensores e atuadores

## □ Lista inicial de sensores e atuadores

- Que **sensores** são necessários? Onde medir as grandezas?
- O que deverá ser **comandado automaticamente**?
- Que **atuadores** são necessários?



# 3. Identificação e contexto: interface humano-sistema

- Papel dos operadores e interface humano-sistema
  - Papel dos operadores
  - Há um **padrão de interface** utilizado na empresa? É **possível usar** esse padrão nesse novo sistema?
  - Quais as principais características de **usabilidade** que devem ser respeitadas?



# 3. Identificação e contexto: questões operacionais

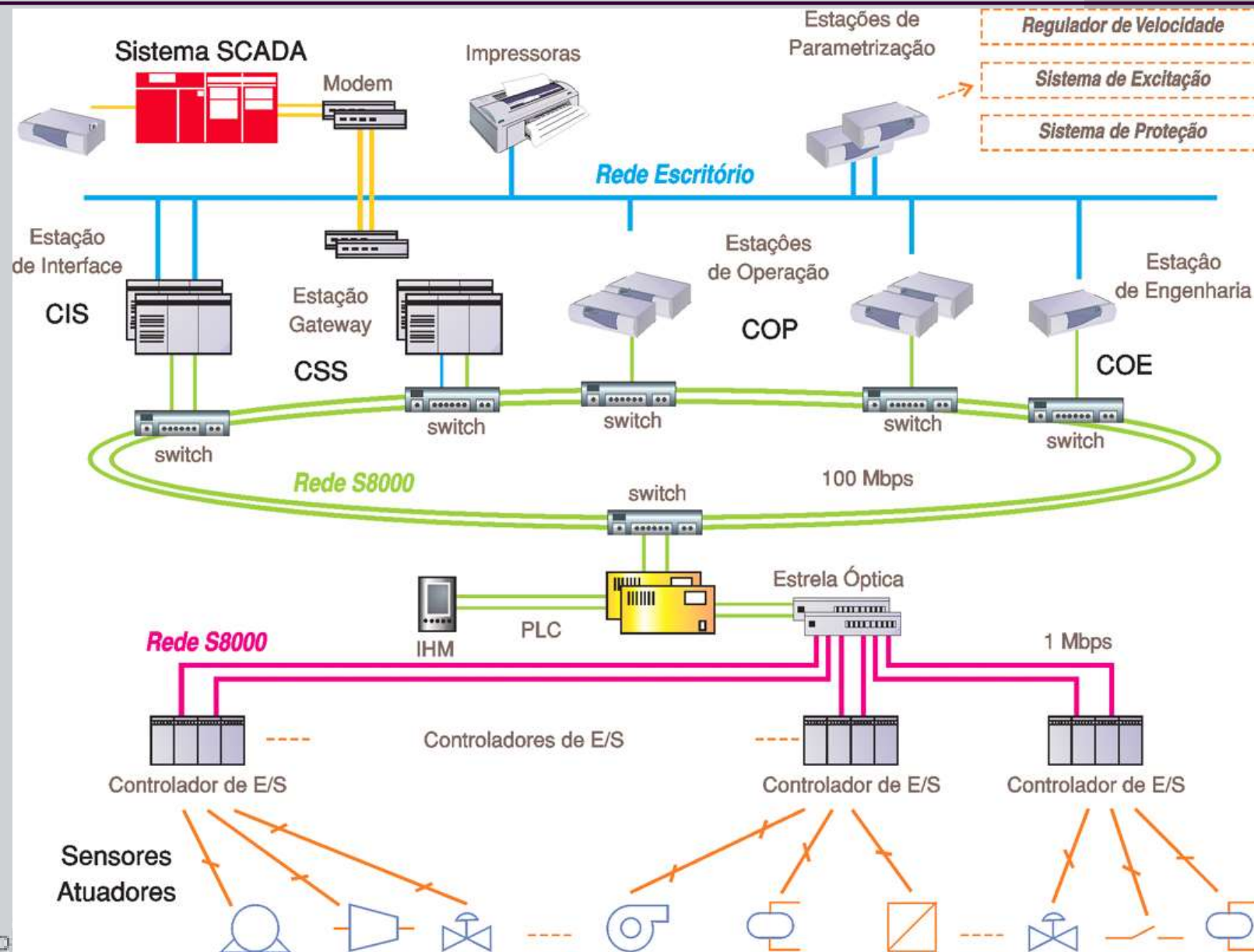
## □ Questões operacionais

- Que **registros** devem ser realizados no sistema? Com que **frequência**?
- Vai ser utilizado um sistema tipo **SCADA** (*Supervisory Control and Data Acquisition*)?
- Quais os **ciclos de trabalho**?
- Que **informações** são necessárias para o controle e a gestão do sistema?



EPUSP

# 3. Identificação e contexto: questões operacionais



# Projetos de automação: elementos essenciais



Identificação  
e contexto

Processo produtivo  
Benefícios  
Requisitos gerais

Segurança,  
confiabilidade e  
disponibilidade

Características críticas  
Riscos

Especificação

Requisitos

*Design* e  
construção

Solução técnica

Implantação,  
operação,  
manutenção  
e descarte

Implantação  
Atividades  
subsequentes

# 4. Segurança, confiabilidade e disponibilidade

- Realizar análise de risco do sistema
  
- Avaliar os impactos que o sistema pode trazer no caso de falha
  - Safety
  - Security
  - Availability



EPUSP



# 4. Segurança, confiabilidade e disponibilidade

## ❑ Proteção contra incidentes randômicos indesejáveis (*safety*)

- Podem acontecer como resultado de uma ou mais coincidências

## ❑ Pontos a considerar:

- Seguir legislação
- Definir paradas de emergência
- Proteção contra energização incidental
- Boas práticas de aterramento
- Materiais adequados (risco de fogo).



EPUSP

# 4. Segurança, confiabilidade e disponibilidade

## □ Proteção contra incidentes intencionais (*security*)

- Proteção contra incidentes planejados, maliciosos e criminosos.
- Definir requisitos de **confiabilidade** (habilidade do sistema para operar sem falhas)
  - **MTBF** (*Mean Time Between Failures*)
  - **MTTR** (*Mean Time To Recovery/Repair*): determinar práticas para obter baixas taxas de MTTR.



EPUSP

# 4. Segurança, confiabilidade e disponibilidade

- **Disponibilidade:** razão entre o tempo que um sistema está em funcionamento e o tempo total que é requerido para funcionar.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

- Está ligada com a capacidade de o sistema operar e com a capacidade de recolocar o sistema em operação no caso de falhas.



EPUSP

# Atividade

## □ Exercício de especificação de sistema de automação: Tópicos 1 e 2



# Projetos de automação: elementos essenciais



Identificação  
e contexto

Processo produtivo  
Benefícios  
Requisitos gerais

Segurança,  
confiabilidade e  
disponibilidade

Características críticas  
Riscos

Especificação

Requisitos

*Design* e  
construção

Solução técnica

Implantação,  
operação,  
manutenção  
e descarte

Implantação  
Atividades  
subsequentes

# 5. Especificação de sistemas de automação

- **Consiste na atividade técnica de estabelecer o conjunto de requisitos do sistema de automação**
  
- **Requisitos** são as características do sistema, ou descrições de algo que o sistema é capaz de realizar, para atingir os seus objetivos.
  - Descrevem o que deve ser implementado e as restrições do sistema.



EPUSP

# 5. Especificação de sistemas de automação



USP

UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO



EPUSP

- **A especificação de um sistema de automação envolve as seguintes atividades:**
  - **Desenvolvimento de requisitos** (levantamento e documentação dos requisitos)
  - **Gerenciamento de requisitos**

# 5. Especificação de sistemas de automação

## □ Desenvolvimento de requisitos

- requisitos não técnicos
- requisitos funcionais
- requisitos não funcionais
- dispositivos de controle





# 5. Especificação de sistemas de automação

## □ Desenvolvimento de requisitos: Requisitos não técnicos

- Aspectos contratuais que têm impacto sobre as características do sistema a ser desenvolvido
  - Prazos
  - Custos



EPUSP

# 5. Especificação de sistemas de automação

## □ Desenvolvimento de requisitos: Requisitos funcionais

### ■ Principais funções

- **Supervisão:** subsistemas e funções de supervisão.
- **Controle manual:** subsistemas e comandos de controle manual.
- **Controle automático:** subsistemas, ações e regras para controle automático.



# Atividade

## □ Exercício de especificação de sistema de automação: Tópicos 3 e 4



# 5. Especificação de sistemas de automação



## □ Desenvolvimento de requisitos: Requisitos não funcionais (1/2)

- Declarações de características gerais e restrições sobre os serviços ou as funções oferecidos pelo sistema

### Especificação de requisitos não funcionais de sistemas de automação

- 1** **Expansibilidade** (para sistemas sempre em atualização ou implantados em etapas): capacidade máxima e folga (20%? 10%?) de I/Os; integração com redes; capacidade de memória disponível.
- 2** **Precisão** exigida nos cálculos e resultados.
- 3** **Desempenho**: tempo de ciclo exigido dos CLPs; I/Os imediatas (tratadas em emergência, independentemente do ciclo dos CLPs); comunicação (tipos e velocidades)
- 4** **HCI (Interação humano-computador)**: exigências de usabilidade e apreensibilidade.
- 5** **Restrições ou predefinições técnicas**: contadores rápidos, cálculos avançados, controles PID, troca de cartões a quente, rede especificada etc.
- 6** **Confiabilidade**: normas para equipamentos, envolvendo exigências relativas à robustez de equipamentos (alimentação, vibração, temperatura, umidade, ventilação etc.)

# 5. Especificação de sistemas de automação

## □ Desenvolvimento de requisitos: Requisitos não funcionais (2/2)

- Declarações de características gerais e restrições sobre os serviços ou as funções oferecidos pelo sistema

### Especificação de requisitos não funcionais de sistemas de automação

7	<b>Segurança:</b> CPUs redundantes, preparação para falha segura etc.
8	<b>Vida útil</b> dos equipamentos.
9	<b>Tamanho e peso:</b> exigências para componentes e subsistemas.
10	Restrições e exigências devidas a <b>características da área de implantação:</b> condições ambientais, presença de gases, pó, líquidos etc.
11	<b>Treinamento e apoio técnico</b> necessários para o desenvolvimento do projeto.
12	<b>Treinamento e assistência técnica</b> necessários em tempo de operação.
13	<b>Restrições de custos:</b> equipamentos e acessórios, software (CLPs, sistemas supervisórios e controle, rede), mão de obra.

# 5. Especificação de sistemas de automação

- **Desenvolvimento de requisitos:**
  - Dispositivos de controle**
    - Entrada
    - Saída
    - Unidade de processamento

Especificação de dispositivos de entrada e saída em sistemas de automação	
1	Número de I/Os e suas classificações (analógicas, digitais etc.)
2	I/Os digitais (sensores, acionamentos): número para cada nível de tensão AC e DC
3	I/Os analógicas (sensores, acionamentos): analisar o range e a resolução.
4	<b>Características técnicas dos dispositivos de entrada:</b> tensão de operação (24, 120 ou 240 volts, AC ou DC), corrente requerida etc.
5	<b>Características técnicas dos dispositivos de saída:</b> tensão de operação (24, 120 ou 240 volts, AC ou DC), consumo de corrente, ciclo de trabalho, faixa de temperatura e de umidade operacionais, dimensões da montagem etc.

# 5. Especificação de sistemas de automação



EPUSP

## □ Documentação de requisitos

- Consiste na elaboração de um documento que contempla todas as características de um sistema de automação que, normalmente é desenvolvido sob encomenda.
- Esse documento serve como referência para o projeto do sistema de automação
- O projeto do sistema de automação normalmente é realizado por empresas terceiras especializadas. Essa é a razão desses cuidados.

# 5. Especificação de sistemas de automação



## □ Gestão de requisitos:

- Tipicamente, os sistemas de automação:
  - possuem um **grande número de requisitos**.
  - possuem um **grande número de envolvidos** (*stakeholders*)
  - são de **prazos longos** (superiores a um ano).
- Pelas razões acima é necessário um **controle muito rígido nas alterações de requisitos** durante o andamento do projeto.



# 5. Especificação de sistemas de automação

## □ Gestão de requisitos

- Compreende todas as atividades voltadas para...
  - ... planejar e gerenciar requisitos dos produtos e componentes do produto do projeto e...
  - ... identificar inconsistências entre esses requisitos e os planos e produtos de trabalho (artefatos) do projeto.



EPUSP

# 5. Especificação de sistemas de automação



EPUSP

## □ Gestão de requisitos envolve:

- Saber que requisitos são válidos
- Saber quais são as solicitações de alteração de requisitos
- Saber o status de cada requisito:
  - aprovado,
  - implementado,
  - alteração solicitada,
  - alteração aprovada.

# 5. Especificação de sistemas de automação



- **Gestão de requisitos: atividades típicas**
  - Obter **entendimento** dos requisitos (há muitos *stakeholders!*)
  - Analisar **impactos** dos requisitos
  - Gerenciar **mudanças** nos requisitos
  - Manter **rastreabilidade** bidirecional dos requisitos
  - Identificar **inconsistências** entre produtos de trabalho (artefatos), planos de projeto e requisitos

# Atividade

- **Exercício de especificação de sistema de automação: Tópicos 5, 6 e 7**



# Projetos de automação: elementos essenciais



Identificação  
e contexto

Processo produtivo  
Benefícios  
Requisitos gerais

Segurança,  
confiabilidade e  
disponibilidade

Características críticas  
Riscos

Especificação

Requisitos

*Design* e  
construção

Solução técnica

Implantação,  
operação,  
manutenção  
e descarte

Implantação  
Atividades  
subsequentes

# 6. Design e construção de sistemas de automação

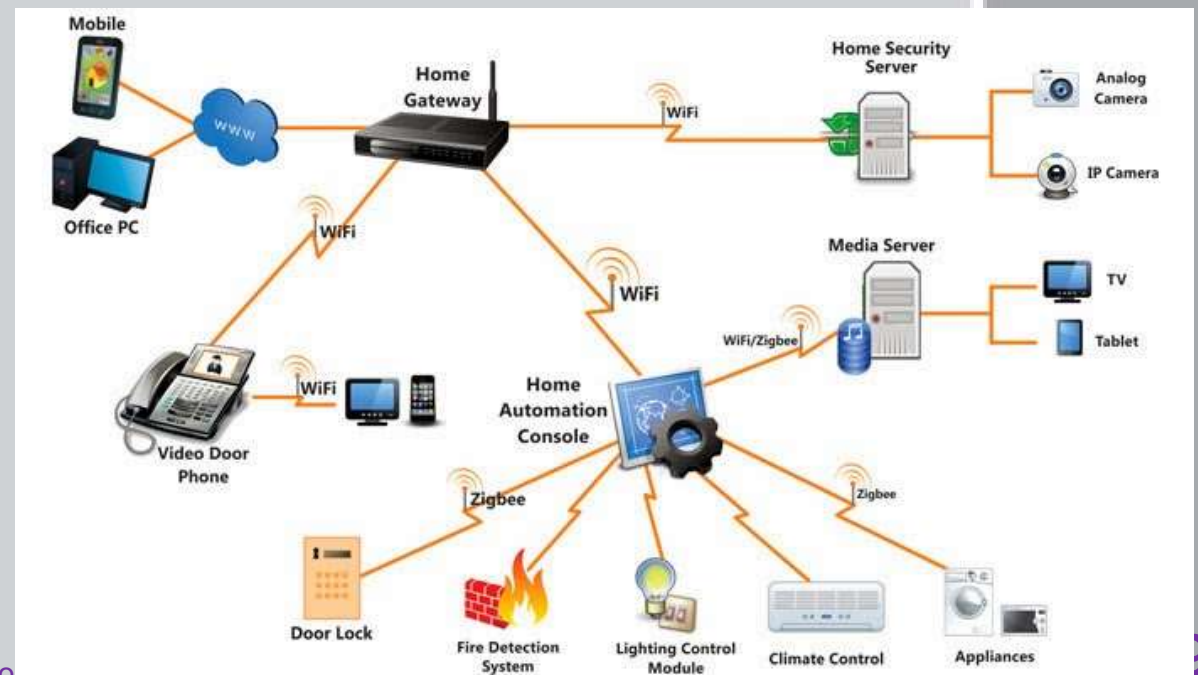
- **Design:** uma solução técnica economicamente viável para atender às especificações estabelecidas
  - Detalha as especificações cobrindo todos os aspectos do sistema.
  
- **Construção:** atividades voltadas para a implementação física da solução
  - Prepara o sistema para a implantação, operação e manutenção.



# 6. Design e construção de sistemas de automação

## □ *Design*: atividades típicas (1/3)

- Planejamento e definição da **sequência de operação**
- Definição da **arquitetura do sistema**:
  - definição dos subsistemas e
  - componentes do sistema, envolvendo hardware, software e mecânica, tanto quanto suas interconexões físicas e lógicas.



# 6. Design e construção de sistemas de automação



EPUSP

## □ *Design*: atividades típicas (2/3)

- Decisão sobre **desenvolvimento próprio ou aquisição** de cada subsistema.
- Detalhamento dos **subsistemas e componentes** do sistema. Inclui:
  - Apresentação dos dispositivos, desde os de alta até os de baixa voltagem, com uso de esquema pré-definido.
  - Layout dos painéis.
  - Modelagem de software (estática, funcional e dinâmica).
  - Verificação (revisões técnicas, *peer review*) da arquitetura e dos elementos críticos concebidos.

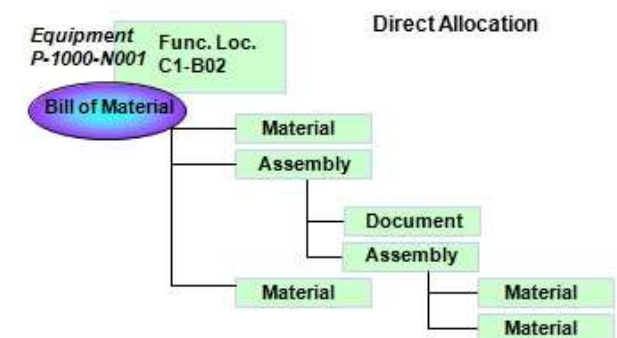


# 6. Design e construção de sistemas de automação

## □ *Design*: atividades típicas (3/3)

- Explosão de materiais  
(*bill of materials*)
- Revisões técnicas do design
- Ferramentas de apoio ao design: CAID, CAD, CAE, CAM.

### Bills of Material for Technical Objects



# 6. Design e construção de sistemas de automação

## □ Construção: atividades típicas (1/2)

- **Análise e teste das condições prévias para implantação especificadas**
- **Construção dos subsistemas e componentes, de acordo com o plano de implantação.**
- **Verificação (testes) e integração desde as unidades até os componentes maiores.**



# 6. Design e construção de sistemas de automação

## □ Construção: atividades típicas (2/2)

- Preparação do ambiente técnico para o sistema.
- Conversão de dados a partir dos sistemas legados.
- Validação do sistema (commissioning)



# Projetos de automação: elementos essenciais



Identificação  
e contexto

Processo produtivo  
Benefícios  
Requisitos gerais

Segurança,  
confiabilidade e  
disponibilidade

Características críticas  
Riscos

Especificação

Requisitos

*Design* e  
construção

Solução técnica

Implantação,  
operação,  
manutenção  
e descarte

Implantação  
Atividades  
subsequentes

# 7. Implantação, operação, manutenção e descarte

- A **implantação** de sistemas de automação envolve as seguintes atividades principais:
  - **Planejamento de implantação**
  - **Planejamento de segurança** da operação (*safety e security*).
  - Documentação de **recomendações** para usuários.
  - **Integração e instalação** paulatina dos subsistemas e componentes, e integração destes com os demais sistemas de produção.
  - **Educação e treinamento** dos usuários e demais envolvidos com o sistema.



# 7. Implantação, operação, manutenção e descarte

- A **operação** envolve as seguintes atividades principais:
  - **Planejamento e gestão** contínuos da operação
  - **Monitoração** do desempenho do sistema
  - Continuação de **apoio aos usuários e demais envolvidos com o sistema**, através de educação, treinamento e documentação.



# 7. Implantação, operação, manutenção e descarte

- A **manutenção** de sistema está voltada para alterar ou criar funcionalidades, configurações, parâmetros, códigos fontes, base de dados ou condição de instalação em sistemas já homologados.



# 7. Implantação, operação, manutenção e descarte

- A **manutenção** envolve as seguintes atividades:
  - Definição de uma **Política de Manutenção**
  - **Gestão das mudanças** do sistema para apoiar os usuários finais
  - Realização de atividades voltadas para **segurança**, tais como backups, planos de contingência e auditorias.
  - Registro de **dados de falhas** para acompanhamento do desempenho do sistema.
  - **Controle dos elementos de reposição** para minimizar falta de peças.





# 7. Implantação, operação, manutenção e descarte

## □ Desativação do sistema de automação

- Ao final do seu ciclo de vida, o sistema deve ser **desativado**.
- O descarte do sistema requer **planejamento** e um conjunto de **cuidados**, em especial quando o sistema tem grande impacto sobre pessoas e equipamentos.



# 7. Implantação, operação, manutenção e descarte

## □ Desativação de sistemas de automação. Atividades típicas:

- **Notificação** dos técnicos, operadores, usuários e gestores de processos produtivos e sistemas que têm relação com o sistema sendo desativado.
- **Desativação** do sistema.
- **Disposição** dos equipamentos remanescentes.
- **Arquivamento** de dados e componentes do sistema.
- **Registros** que permitam a retenção de conhecimento das ações de desativação e análise de impactos a longo termo.



EPUSP

# Capítulo 8



EPUSP

## Especificação, desenvolvimento e implantação de sistemas de automação

**Mauro de Mesquita Spinola**

**Marcelo Schneck de Paula Pessoa**

**EPUSP-PRO**