



## Engenharia de Materiais e Manufatura

### SISTEMAS DE MANUFATURA





## Tópicos da Aula

1. Introdução
2. Arquiteturas dos Sistemas de Manufatura
3. Flexibilidade na Manufatura e sua Importância
4. Tipos de Flexibilidade
5. Sistemas Flexíveis de Manufatura (SFM)
6. Componentes dos SMFs
7. Vantagens e Desvantagens dos SFMs



## Introdução

### Antes da Revolução Industrial (<1750)

Produtos manufaturados

Mestres, artesãos e aprendizes



### Revolução Industrial (1750-1900)

Máquinas e ferramentas

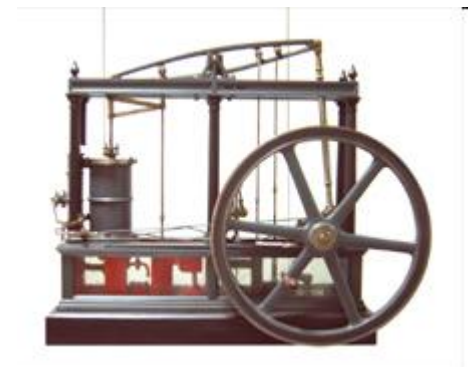
Fábricas x Fonte de Energia (Inflexibilidade)



### Máquinas a vapor (1790)

Autonomia de localização (flexibilidade)

Disposição física das máquinas não-funcional





## **Invenção do Motor Elétrico (1886)**

Autonomia de funcionamento (flexibilidade)

Arranjo físico das máquinas funcional (layouts)

## **Fordismo (1914)**

Produção seriada (automóveis)

Trabalho vai ao operador

## **Invenção dos Transistores (1950)**

Autonomia de controle (flexibilidade)

## **Invenção do Controle Numérico (>1950)**

Peças complexas em pequena escala (flexibilidade)

Automação industrial



## Arquiteturas dos Sistemas de Manufatura

### Sistema:

Conjunto de elementos que interagem para uma determinada finalidade

### Sistema de Manufatura:

Conjunto de máquinas, dispositivos e pessoas que visam a fabricação

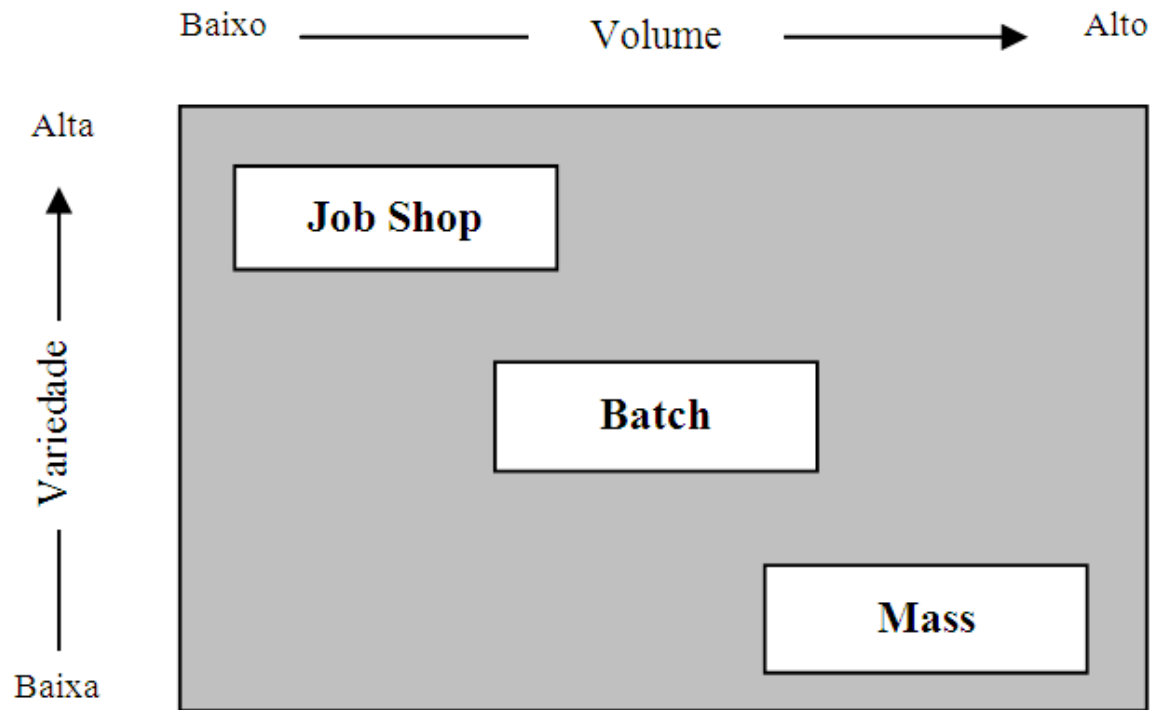
### Classificação do Sistema de Manufatura:

Quantidade de produto fabricado (escala produtiva)

Arranjo físico das máquinas (layout)

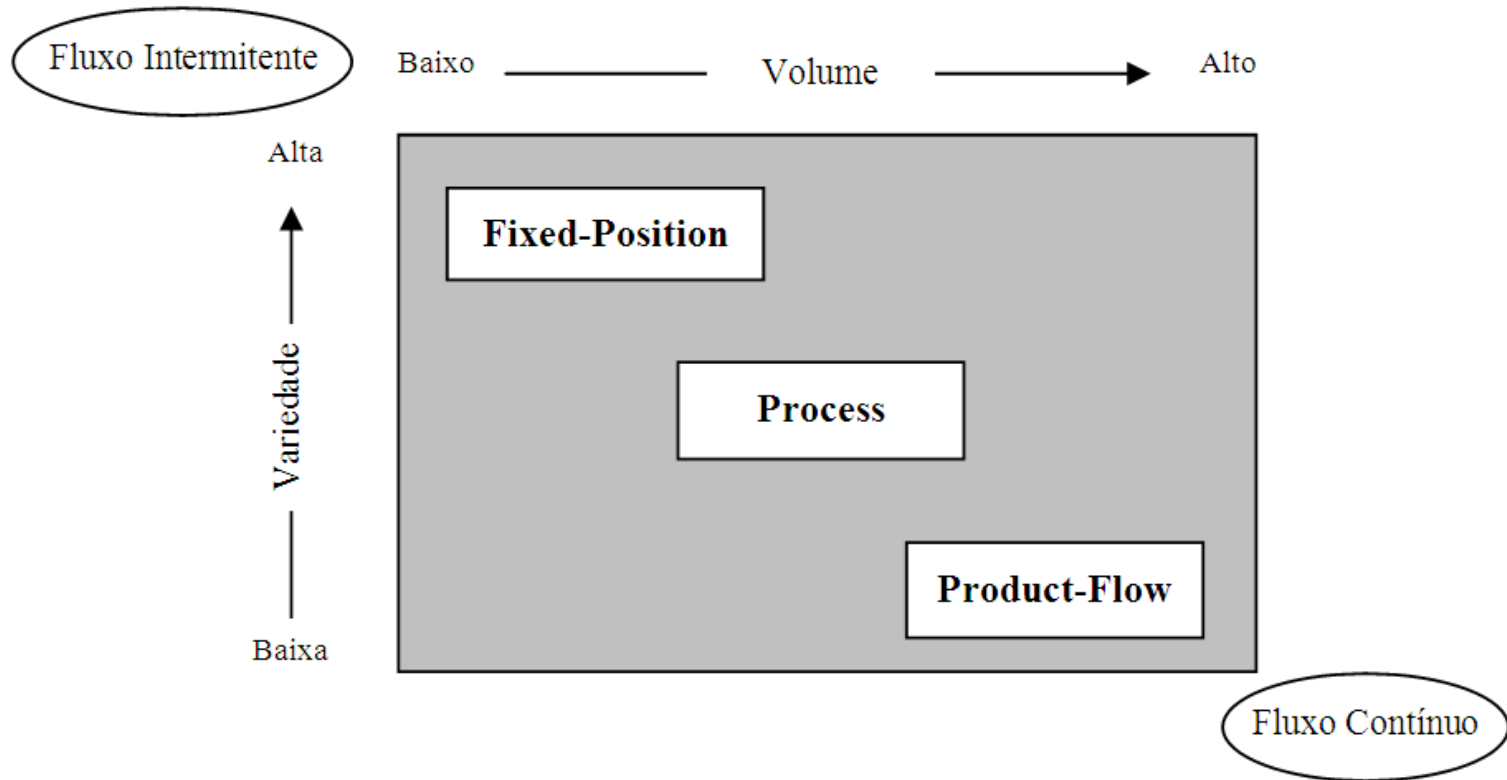


## Escala Produtiva



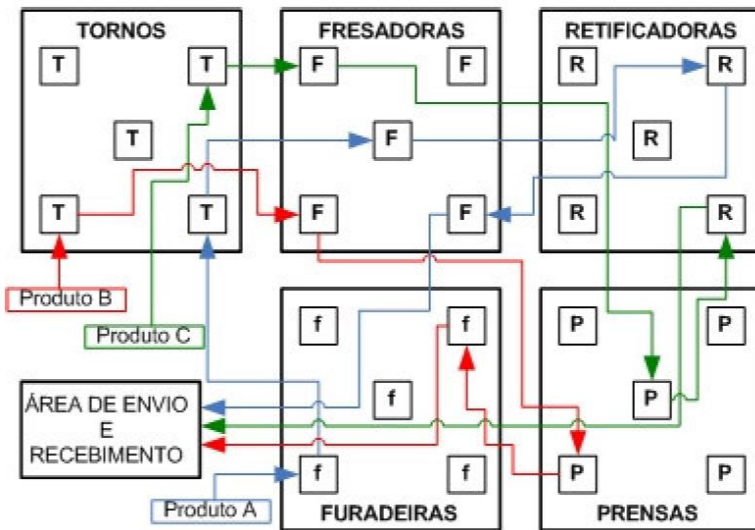


## Arranjo Físico

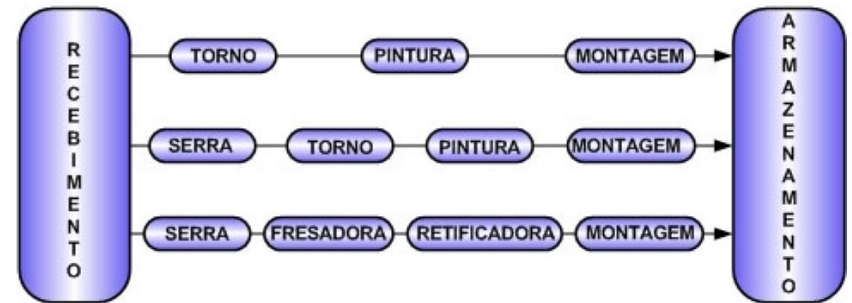




## Layout (Job Shop)



## Layout (Flow Shop)







## Manufatura Celular

### **Célula:**

Menor unidade representativa do todo

### **Célula de Manufatura:**

Menor unidade representativa do sistema de manufatura

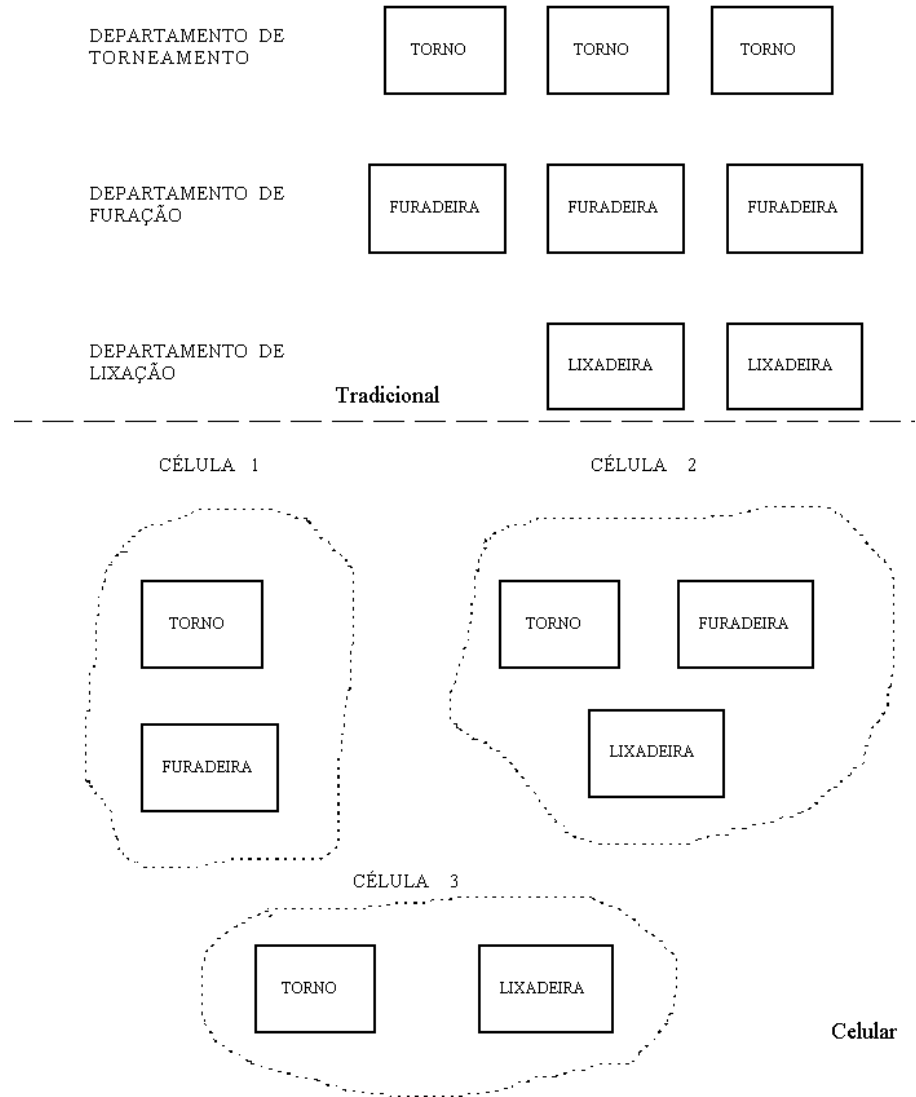
### **Célula de Manufatura Flexível:**

Família de peças

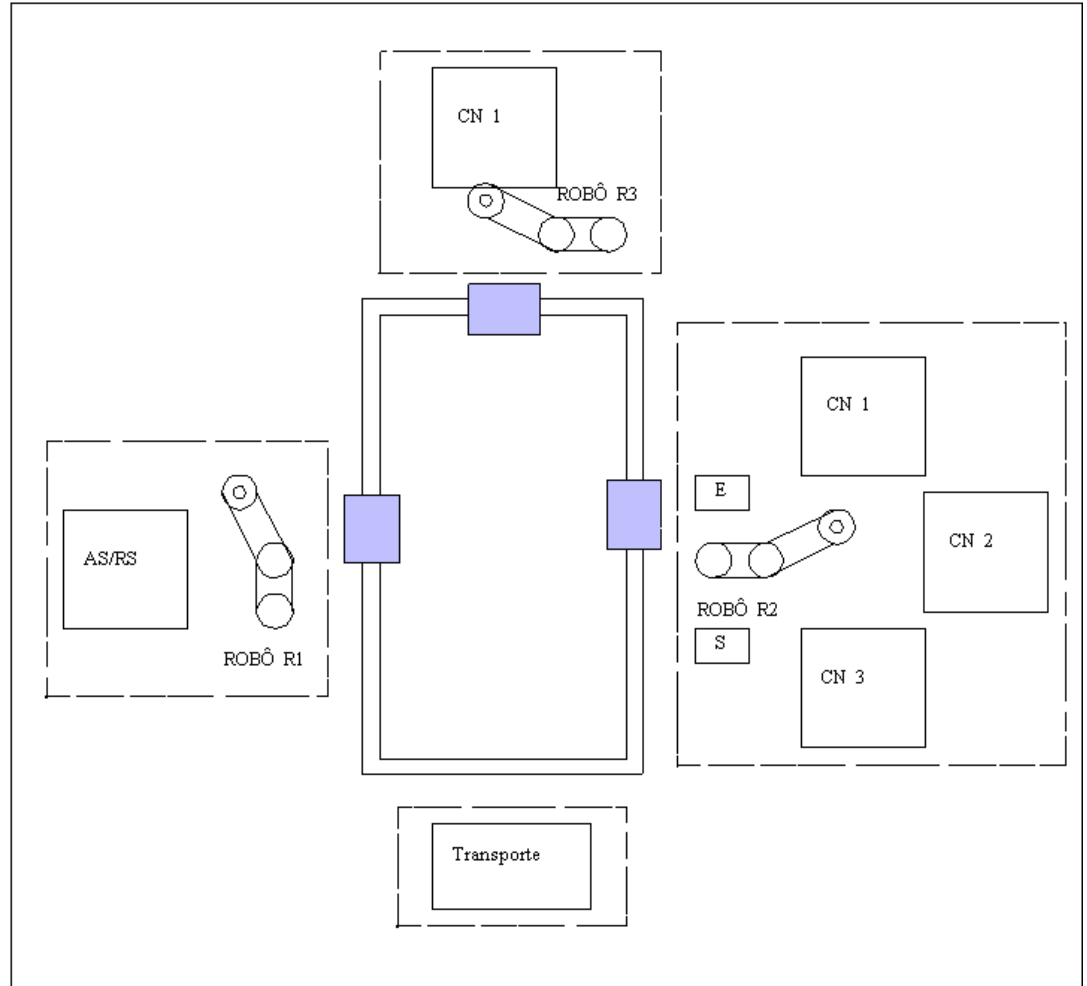
Processos similares de fabricação



# Manufatura Celular



# Manufatura Celular





# Flexibilidade na Manufatura e sua Importância

## Definições

Capacidade de adaptação a mudanças

Restrição dentro de um domínio

## Incertezas

Internas: quebras, variações no tempo, esperas, rejeitos ou retrabalhos

Externas: disponibilidade de recursos, mix de produção, preço de produtos ou demanda

## Importância

Solidez da empresa em controlar as incertezas internas

Acompanhar os efeitos externos visando a estratégia competitiva no mercado



## Tipos de Flexibilidade

**Máquina:** habilidade para mudar a produção

Repor ferramentas, montar acessórios sem interferências significativas no processo

**Processo:** habilidade para variar os passos para realizar uma tarefa

Variedade de tarefas nas máquinas

**Variação de Rotas:** habilidade para variar a sequência de visitação das máquinas

Possível para mais de uma rota viável ou operações em máquinas diferentes

**Volume:** habilidade para variar o volume produzido

Manter a lucratividade em níveis viáveis de produção



## Sistemas Flexíveis de Manufatura

### Definição detalhada:

Combinação de controles, comunicações, processos, equipamentos

Resposta rápida, economicamente viável e integrada ao setor produtivo

Mudanças significativas no ambiente operacional

### Principais objetivos:

Ganho em eficiência e economia similares à produção em massa

Flexibilidade para pequenos e médios lotes

Variedade de peças



## Componentes dos Sistemas Flexíveis de Manufatura

### Máquinas-Ferramentas

Baixo tempo de setup ou mudança entre tarefas

Diversas operações

### Sistema de manuseio de materiais

Automatizado e flexível

Deslocamento rápido entre máquinas

### Rede de computadores

Rota dos processos

Trabalhos em andamento

Instruções para processamento

### Sistema de armazenamento local e/ou central



## Máquinas-Ferramentas

Centros de Usinagem CNC

Equipamentos multifuncionais

Três eixos ou mais

Até 60 ferramentas

Alimentador automático de ferramentas







## Sistema de Transporte e Manuseio de Materiais (STMM)

Integração do SFM

Transporte rápido e seguro

Ferramentas, acessórios, matéria-prima, peças

Entre máquinas, carregamento e descarregamento

Robôs (carrega/descarrega MP)

Veículos auto-guiados (grau de liberdade)

Monotrilhos (caminho fixo)

Esteiras (caminho fixo)





## Controle Computacional

Interligação física (STMM)

Comunicação lógica (computadores+rede)

Controle e sincronismo das operações

### Principais elementos:

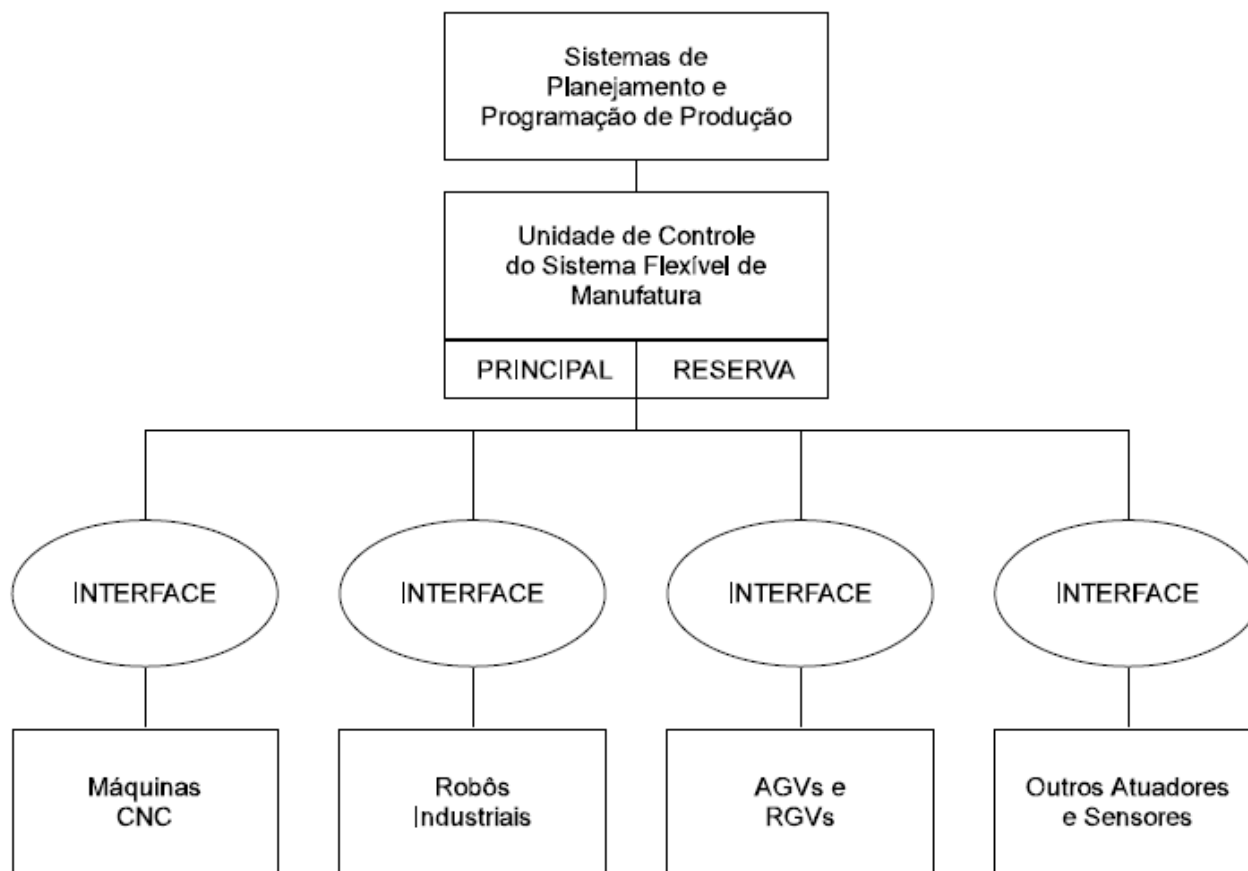
Servidor (gere os níveis inferiores)

Rede (conecta o servidor às estações de trabalho)

Unidades de controle (micro ou PLC em equipamento)



## Hierarquia de Comunicação Lógica em uma FMS





## Vantagens dos Sistemas Flexíveis de Manufatura

Menos desperdício

Poucas estações de trabalho ou células

Trocas rápidas de ferramentas e acessórios

Tempo inativo reduzido

Melhor controle sobre a qualidade dos produtos

Uso de máquinas de forma mais eficiente

Trabalho de inventário reduzido

Aumento relativo da capacidade produtiva

Aumento da flexibilização da produção



## Desvantagens dos Sistemas Flexíveis de Manufatura

Gama “estrita” de variedade de produtos

Peças similares (processos semelhantes)

“Longo” período de planejamento

“Baixa” taxa de uso do sistema

“Falta” de conhecimento técnico na implementação e gestão

“Dispendiosa” implementação, manutenção e energia

Requer vários “anos” de instalação

“Obsolescência” dos equipamentos

“Resistência” do trabalhador



## Casos Reais de Sucesso na Implantação de SFMs

Investimento de 4,4 milhões de dólares

Planta de Chicago

Novos modelos de veículos em duas semanas

Cinco plantas economizaram 2,5 bilhões de dólares

Meta é 80% da produção em SFM



\* Reformulações no projeto de uma impressora

Montagem manual atendia à qualidade

Custo menor

