



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**SEP 0605 – Automação da Produção**

**Aula 3 – Sistemas de Manufatura – Parte 3**

Prof. Eraldo Jannone da Silva

# Na aula passada

- Aspectos de automação nos sistemas de manufatura
- Aplicações de células com uma estação
- Linhas de montagem manual
- Linhas de produção automatizadas

Fonte: Groover, M.P.

# Agenda da aula de hoje

- Sistemas de montagem automatizados
- \*Manufatura celular (já estudado em PCP II (SEP0326) e será estudado na disciplina SEP0202 - Lay-Out e Produtividade) - consultar material no e-disciplinas referente a aula de hoje.
- Sistemas flexíveis de manufatura

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

- Montagem automatizada:
  - Uso de dispositivos mecanizados e automatizados
  - Tarefas de montagem numa linha ou célula
  - Categoria: automação rígida (sequência fixa de etapas)
- Deve ser considerada quando:
  - Alta demanda de produto;
  - Projeto de produto estável;
  - Número limitado de componentes na montagem;
  - Produto projetado para montagem automatizada
- Significativo custo de capital, porém inferiores aos das linhas de transferência automatizadas
  - Menores unidades
  - Menores forças e energias requeridas na operação

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

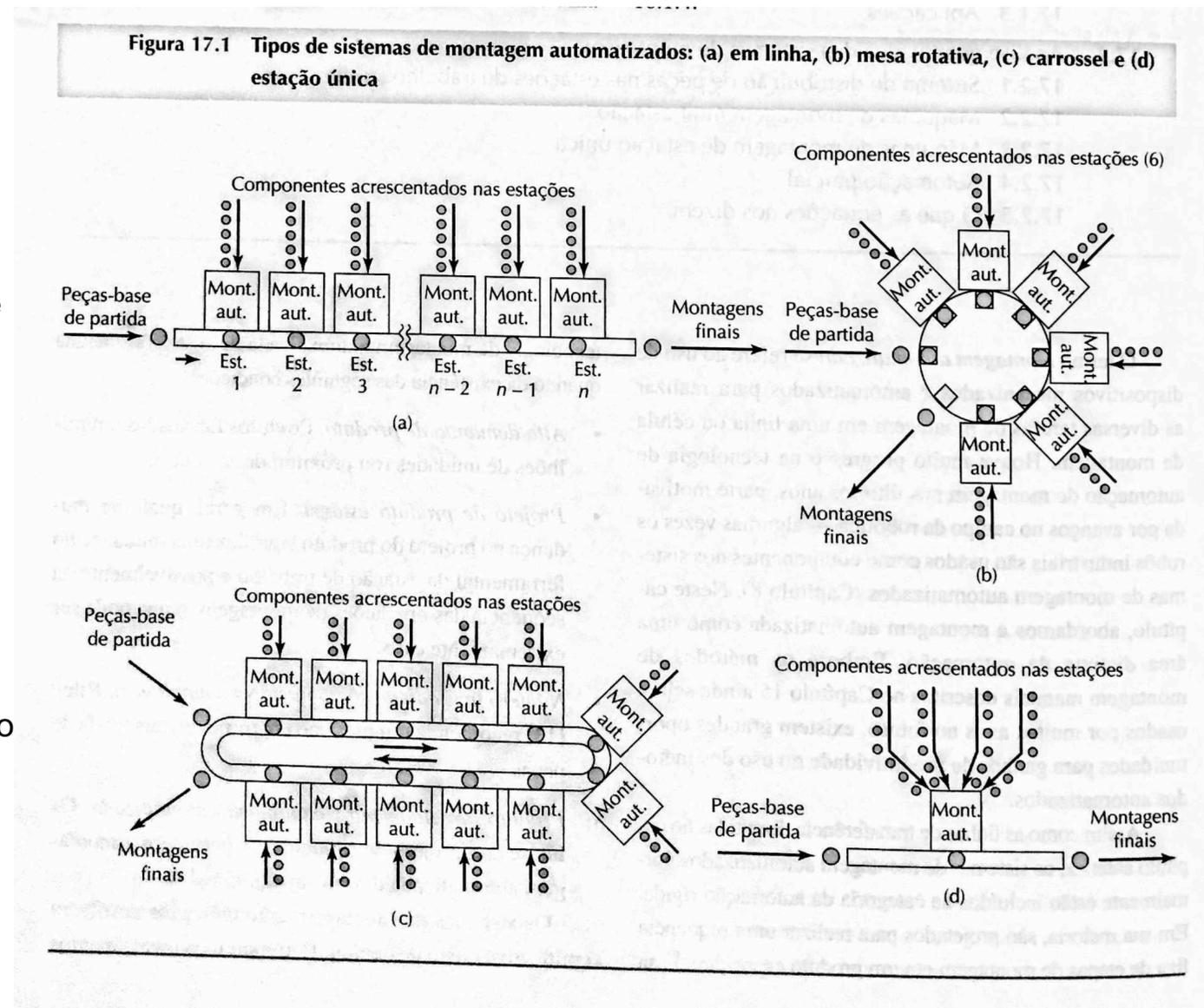
- Características de um sistema de montagem automatizado:
  - Entidade única: produto final ou uma submontagem
  - Consiste dos seguintes subsistemas:
    - Uma ou mais estações de trabalho;
    - Dispositivos de alimentação de peças
    - Sistema de manuseio para a entidade montada
  - Funções de controle exigidas nas máquinas de montagem automatizadas:
    - Controle da sequência;
    - Monitoramento da segurança;
    - Controle da qualidade;

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

- 1.1. Configurações de sistema:

É a versão de montagem da linha de transferência de usinagem

Fluxo de trabalho circular da máquina de montagem rotativa + fluxo de trabalho em linha reta



Máquina de indexação (movimento síncrono ou intermitente)

Peça-base estacionária (máquina de inserção de componentes na indústria eletrônica)

Fonte: Groover, M.P.

SEP 0605 - Automação da Produção

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

- 1.2 Aplicações

**Processos usados nos sistemas de montagem automatizados**

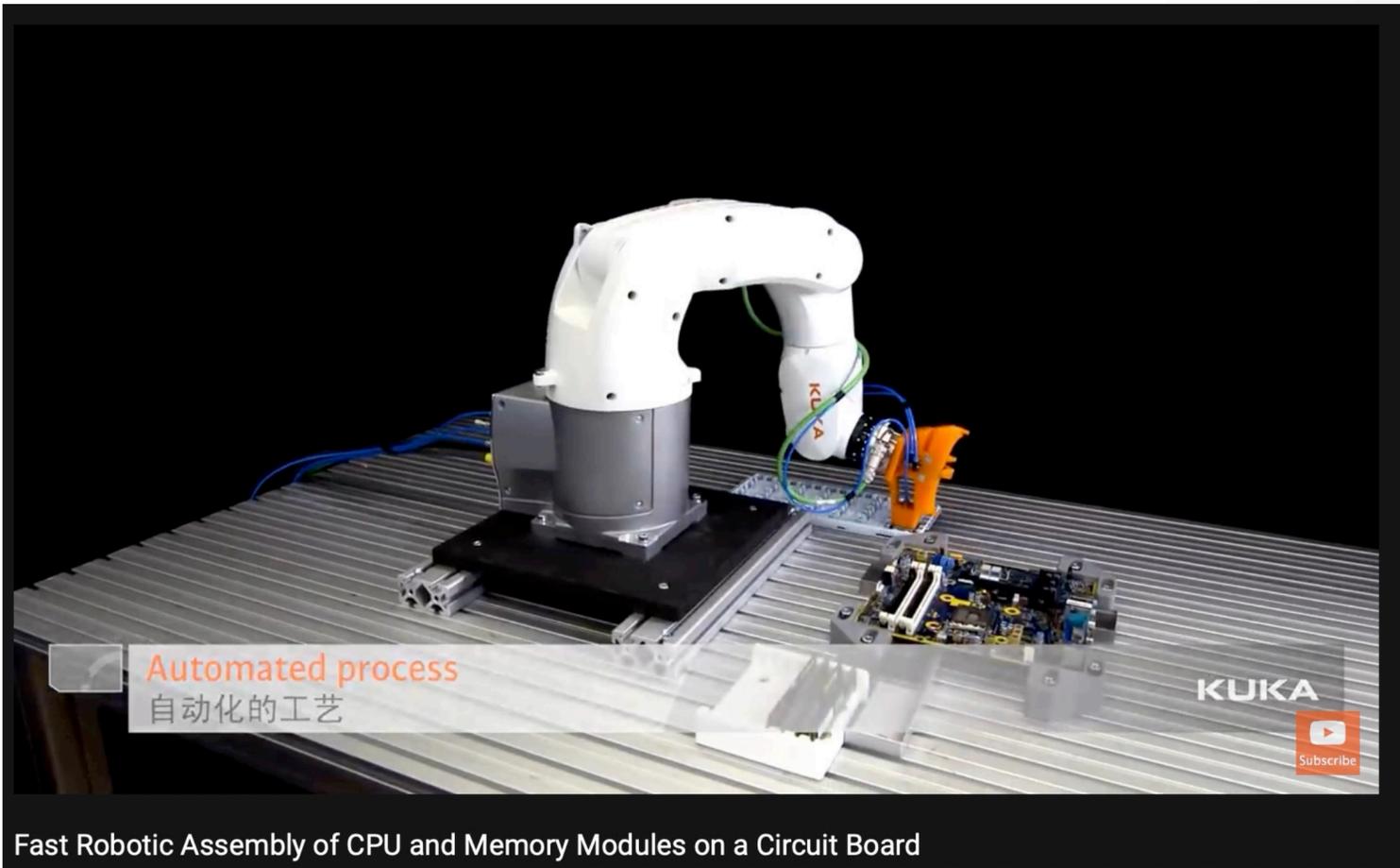
Aplicação automática de adesivo	União por aderência
Inserção de componentes (montagem eletrônica)	Soldagem
Posicionamento de componentes (montagem eletrônica)	Soldagem de ponto
Rebitamento	Grampeamento
Aperto de parafusos (parafusadeira automática)	Costura

Fonte: Groover, M.P.



Automated PCB Assembly Using Pick & Place Machine

<https://www.youtube.com/watch?v=XYPYPDoFIOo>



Automated process  
自动化的工艺

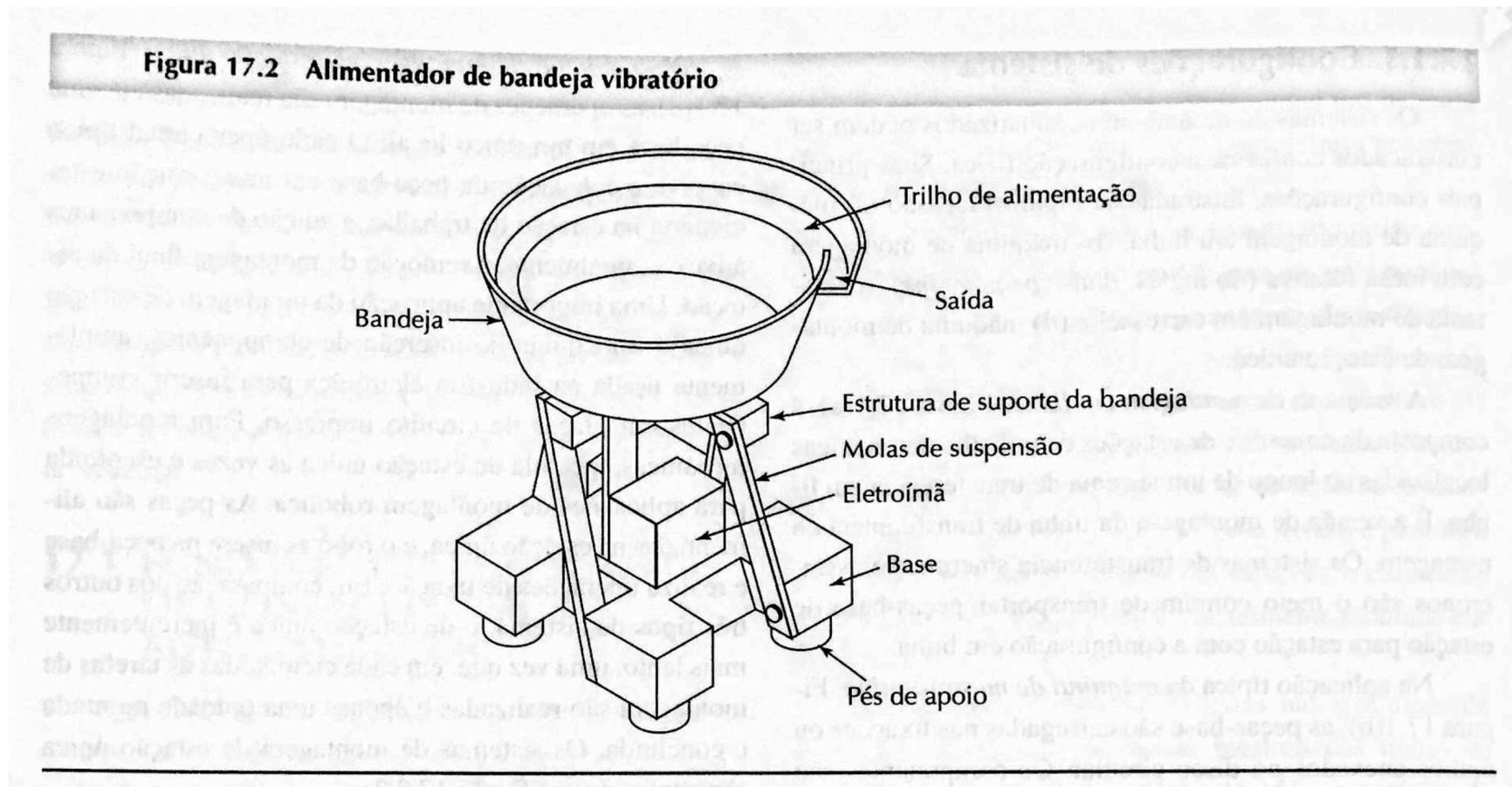


Fast Robotic Assembly of CPU and Memory Modules on a Circuit Board

<https://www.youtube.com/watch?v=ym64NFCWORY>

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

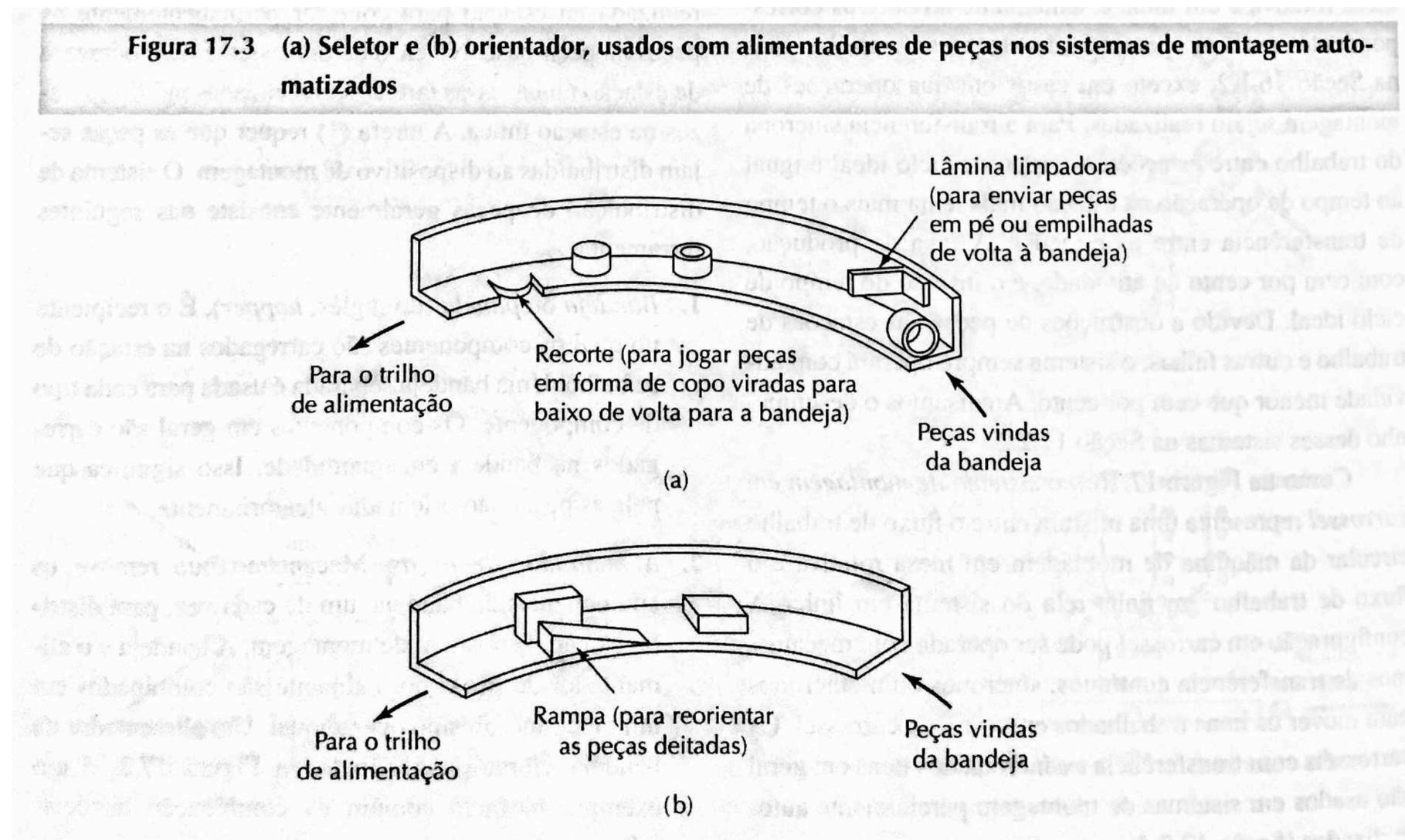
- 1.3. Distribuição de peças nas estações de trabalho



Combina bandeja  
+ alimentador de  
peças

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

- 1.2. Distribuição de peças nas estações de trabalho



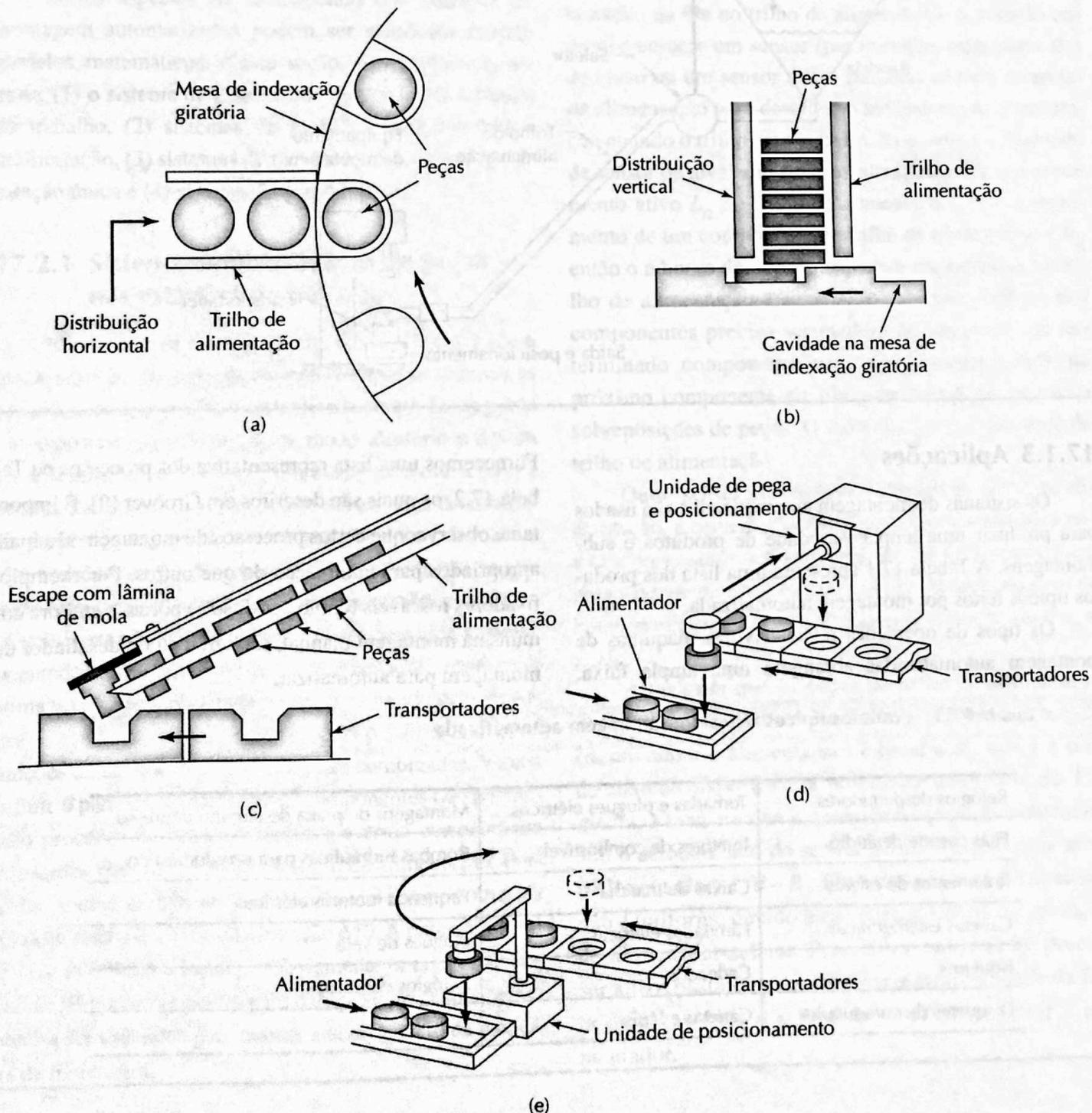
Fonte: Groover, M.P.

SEP 0605 - Automação da Produção

# 1. Fundamentos dos sistemas de montagem automatizada

- 1.2. Distribuição de peças nas estações de trabalho

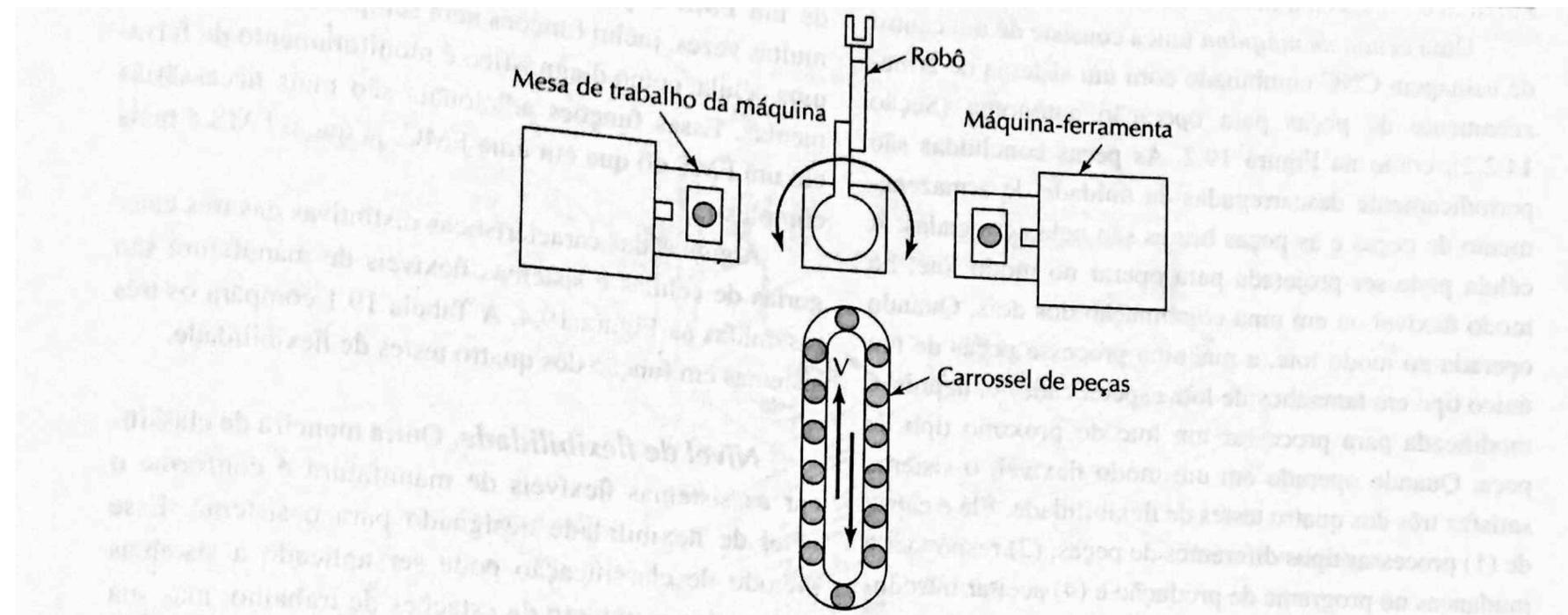
Figura 17.4 Vários dispositivos de escape e posicionamento usados nos sistemas de montagem automatizados: (a) dispositivo horizontal; (b) dispositivo vertical para posicionamento de peças na mesa de indexação giratória; (c) escape das peças em forma de rebite controladas pelos transportadores; (d) e (e) dois tipos de mecanismos de pegar e posicionar (do inglês, *pick-and-place*) (reimpressos de Gay [6])



## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

- Célula de manufatura automatizada com duas máquinas ferramentas e robô



“Sistema flexível de manufatura: é uma célula de manufatura tecnologia de grupo altamente automatizada, composta por um grupo de estações de processamento (geralmente máquinas-ferramentas CNC), interligadas por um sistema de manuseio e armazenamento de material e controladas por um sistema distribuído de computação”

Fonte: Groover, M.P.

SEP 0605 - Automação da Produção

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

- 2.1 Recursos que um sistema de manufatura deve possuir para ser flexível:
  - Capacidade de identificar e distinguir diferentes tipos de peças ou produtos processados pelo sistema
  - Rápida troca das instruções operacionais
  - Rápida troca da configuração física

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

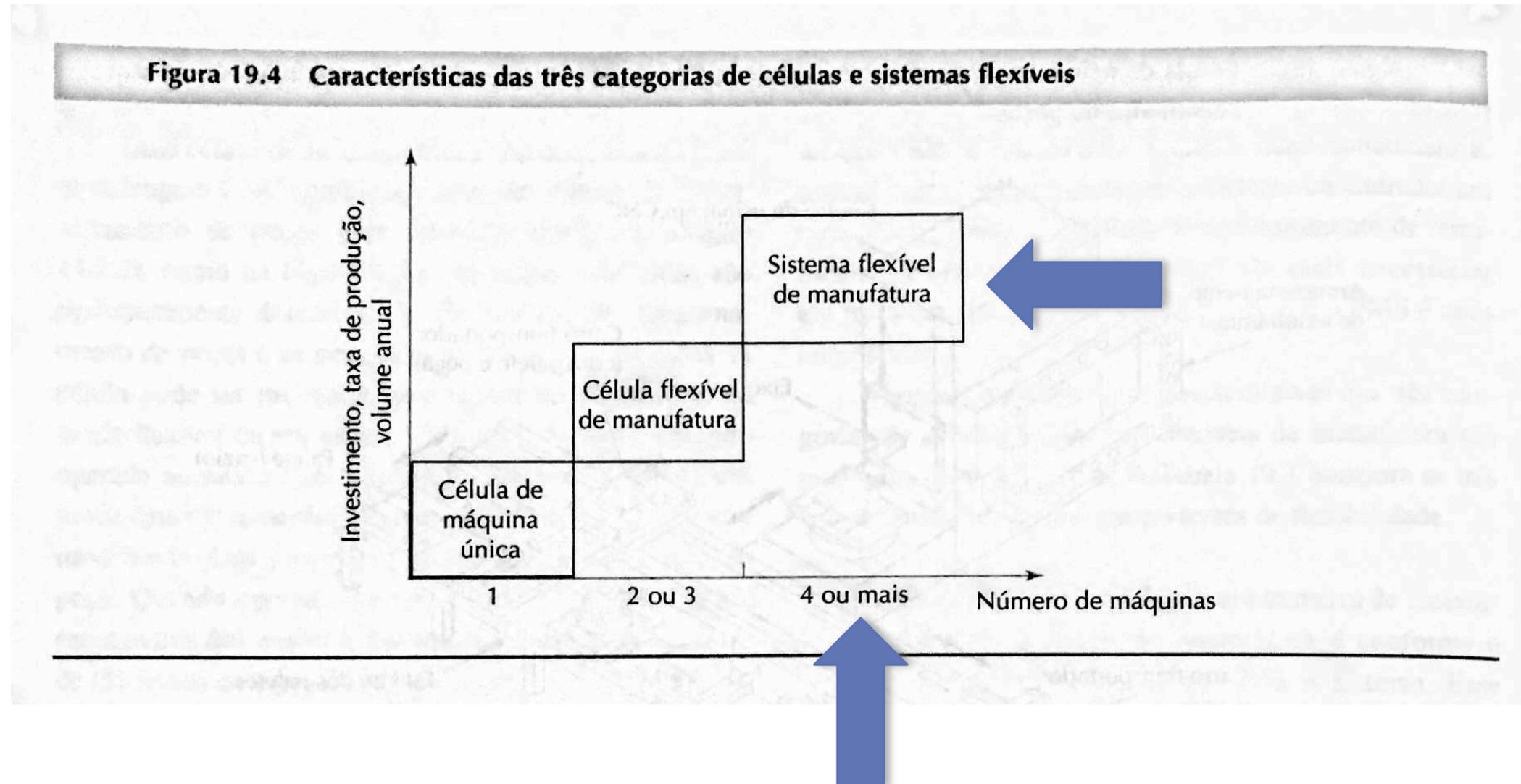
- 2.1 Ser flexível? Quatro testes de flexibilidade
  - Teste de variedade de peças: Pode processar diferentes tipos de peça num modo não-lote?
  - Teste de mudança de programa
    - Pode aceitar imediatamente a mudanças no programa de produção?
  - Teste de recuperação de erros
    - Recuperação de falhas e paralisações sem interrupção completa da produção?
  - Teste das novas peças
    - Novos projetos de peça podem ser introduzidos no mix de produtos com relativa facilidade?

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

- 2.2 Tipos de sistemas flexíveis de manufatura (FMS)
  - Distinção pelo tipo de operações que realizam: operações de processamento ou montagem;
  - Distinção pelo tipo de peças que processam: rotativas ou prismáticas;
  - Distinção pelo número de máquinas;
  - Distinção pelo nível de flexibilidade.

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

- 2.2 Tipos de sistemas flexíveis de manufatura (FMS) – Número de máquinas



## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

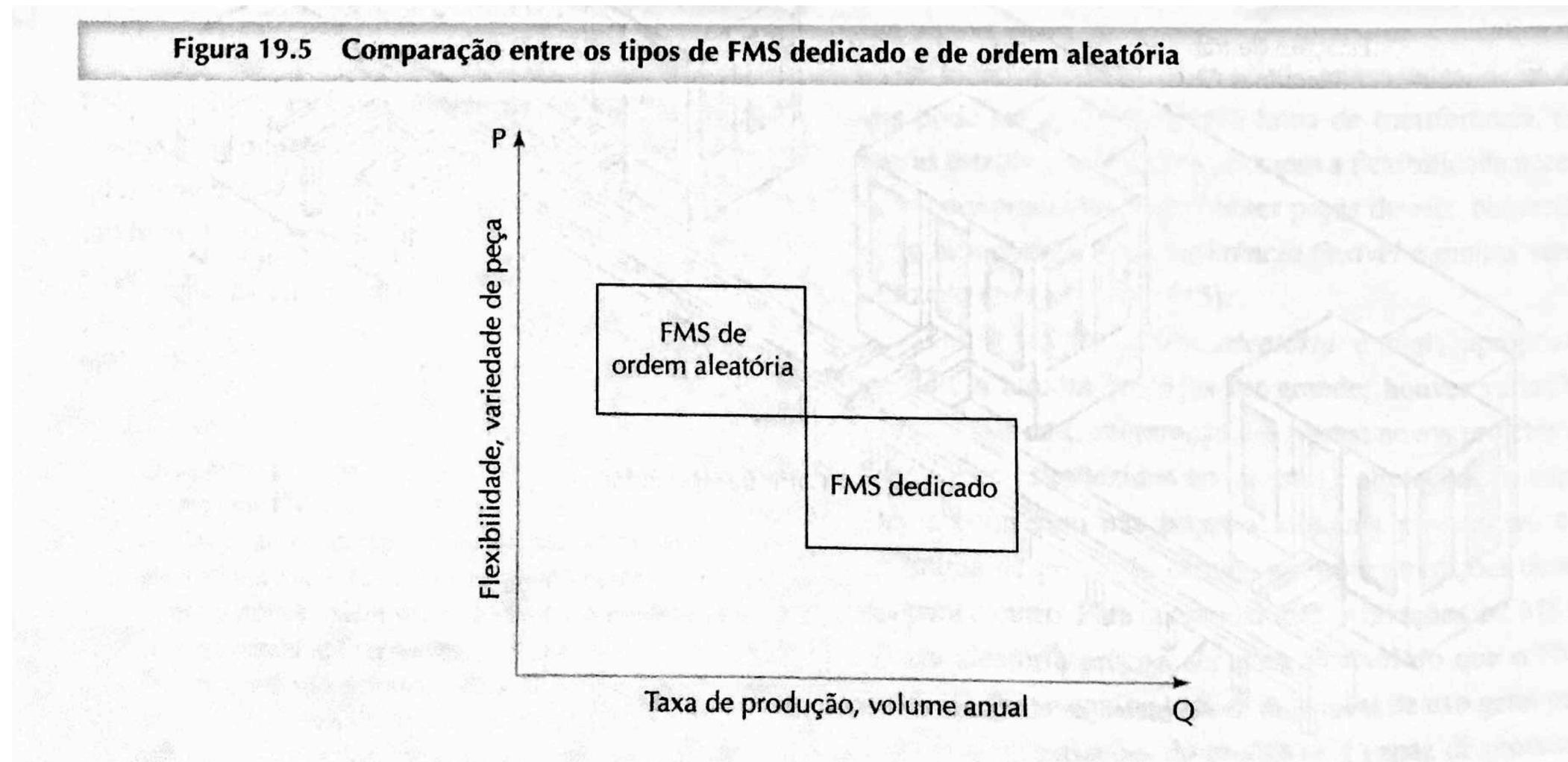
- 2.2 Tipos de sistemas flexíveis de manufatura (FMS) – Número de máquinas

**Tabela 19.1 Critérios de flexibilidade aplicados aos três tipos de sistemas e células de manufatura**

<b>Critérios de flexibilidade (Testes de flexibilidade)</b>				
<b>Tipo de sistema</b>	<b>1. Variedade de peças</b>	<b>2. Mudança de programa</b>	<b>3. Recuperação de erros</b>	<b>4. Novas peças</b>
Célula de máquina única	Sim, mas o processamento é sequencial, não simultâneo.	Sim	Recuperação limitada por ter apenas uma máquina.	Sim
Célula flexível de manufatura (FMC)	Sim, produção simultânea de peças diferentes.	Sim	Recuperação de erros limitada por ter menos máquinas do que o FMS.	Sim
Sistema flexível de manufatura (FMS)	Sim, produção simultânea de peças diferentes.	Sim	Redundância de máquina minimiza o efeito das paralisações de máquina.	Sim

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

- 2.2 Tipos de sistemas flexíveis de manufatura (FMS) – Nível de flexibilidade



## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

- 2.3 Componentes dos sistemas flexíveis de manufatura (FMS)
  - Estações de trabalho:
    - Estações de carga e descarga;
    - Estações de usinagem;
    - Outras estações de processamento (conformação, corte e dobra);
    - Estações de montagem;
    - Outras estações e equipamentos (inspeção, limpeza de peças, sistemas centralizados de refrigeração e remoção de cavacos)
  - Sistemas de manuseio e armazenamento de material
    - Funções: deslocamento aleatório de peças, manuseio de várias configurações, armazenamento temporário, carga e descarga, compatibilidade com o sistema de controle)
    - Sistemas primário (mov. peças entre estações) e secundário de manuseio (dispositivos de transferência, trocadores automáticos de paletes);
    - Configuração de *layout* da FMS: sistema de manuseio de material define o *layout*.

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura

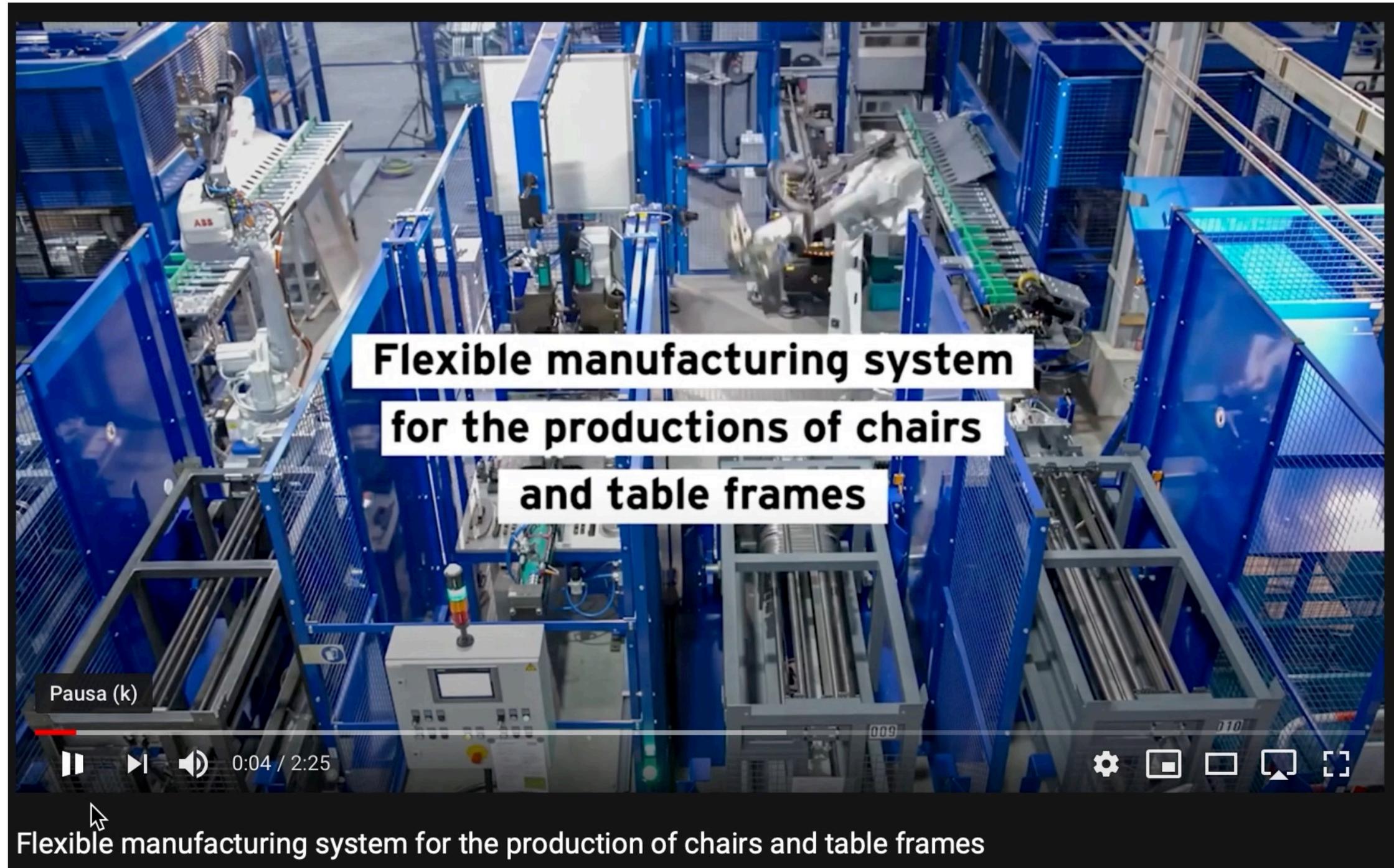
- 2.3 Componentes dos sistemas flexíveis de manufatura (FMS)
  - Sistemas de manuseio e armazenamento de material

Tabela 19.3 Equipamento normalmente usado como sistema primário de manuseio para os cinco layouts de FMS

Configuração de layout	Sistema de manuseio de material típico
Layout em linha	Sistema de transferência linear (Seção 16.1.2) Sistema transportador (Seção 10.2.4) Sistema de veículo guiado por trilho (Seção 10.2.3)
Layout circular	Sistema transportador (Seção 10.2.4) Carros reboque terrestres (Seção 10.2.4)
Layout em escada	Sistema transportador (Seção 10.2.4) Sistema de veículo guiado automaticamente (Seção 10.2.2) Sistema de veículo guiado por trilho (Seção 10.2.3)
Layout em campo aberto	Sistema de veículo guiado automaticamente (Seção 10.2.2) Carros reboque terrestres (Seção 10.2.4)
Layout centralizado em robô	Robô industrial (Capítulo 8)

- Sistema de controle computadorizado - funções:
  - Controle de estação de trabalho;
  - Distribuição de instruções de controle
  - Controle de produção
  - Controle de tráfego
  - Controle do carro transportador
  - Monitoramento de peças
  - Controle de ferramentas (local e monitoramento da vida da ferremanta)
  - Monitoramento e relatório de desempenho
  - Diagnóstico

## 2. Sistemas flexíveis de manufatura



<https://www.youtube.com/watch?v=PDSmRPh6TaM>

## 2.1 Exemplos de FMS

ISSN 1980-5411 (On-line version)  
Production, 29, e20180092, 2019  
DOI: 10.1590/0103-6513.20180092

Research Article

PRODUCTION  
PRODUÇÃO

### Implementation of a Flexible Manufacturing System in a production cell of the automotive industry: decision and choice

Miguel Afonso Sellitto<sup>a\*</sup> , Vagner Gerhardt Mancio<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, RS, Brasil

\*sellitto@unisinobr

#### Abstract

**Paper aims:** The purpose is to decide on the technology for the implementation of an FMS in a manufacturing cell that produces the coil for starting engines in a company of the Brazilian automotive industry.

**Originality:** The mixed use of structured methods to support a semi-structured decision-making problem.

**Research method:** The qualitative-quantitative modeling, relying on four competitive priorities of the manufacturing, cost, quality, flexibility, and delivery. The method considered three technological alternatives A1, a ladder-type layout, conveyor and pneumatic devices, A2, an open field layout and automatic guided vehicles, and A3, a robot-centered layout and robotic arms.

**Main findings:** Two different methods arrived at the same conclusion. The best alternative is A3, which is also better than doing nothing.

<https://doi.org/10.1590/0103-6513.20180092>

Usar VPN USP para acesso  
ao documento

Leitura obrigatória

## 2.1 Exemplos de FMS



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**ScienceDirect**

Procedia Manufacturing 38 (2019) 1652–1659

**Procedia**  
MANUFACTURING

[www.elsevier.com/locate/procedia](http://www.elsevier.com/locate/procedia)

29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing  
(FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland.

### Flexible manufacturing systems using IIoT in the automotive sector

Con Cronin, Andrew Conway, Prof, Joseph Walsh

*Con Cronin, Institute of Technology Tralee, South Campus, Clash, Tralee, V92CX88, Ireland*

*Andrew Conway, Institute of Technology Tralee, South Campus, Clash, Tralee, V92CX88, Ireland*

*Prof Joseph Walsh, Institute of Technology Tralee, South Campus, Clash, Tralee, V92CX88, Ireland*

---

#### Abstract

Flexible Manufacturing Systems (FMS) is a domain where progressive research has been compiled and is an integral part offering the ability to get all systems to communicate through IIoT. It is the ability of automotive manufacturers to change processes from 'it's the way we have always done it here' to incorporating small but regular changes to achieve ultimate flexibility that will consolidate competitiveness in a now global emporium.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920301207>

Usar VPN USP para acesso  
ao documento

Leitura obrigatória

## 3. Próxima aula

- Feriado
- Avaliação - GATE 1 - Sistemas de manufatura
- Em três semanas - Indústria 4.0