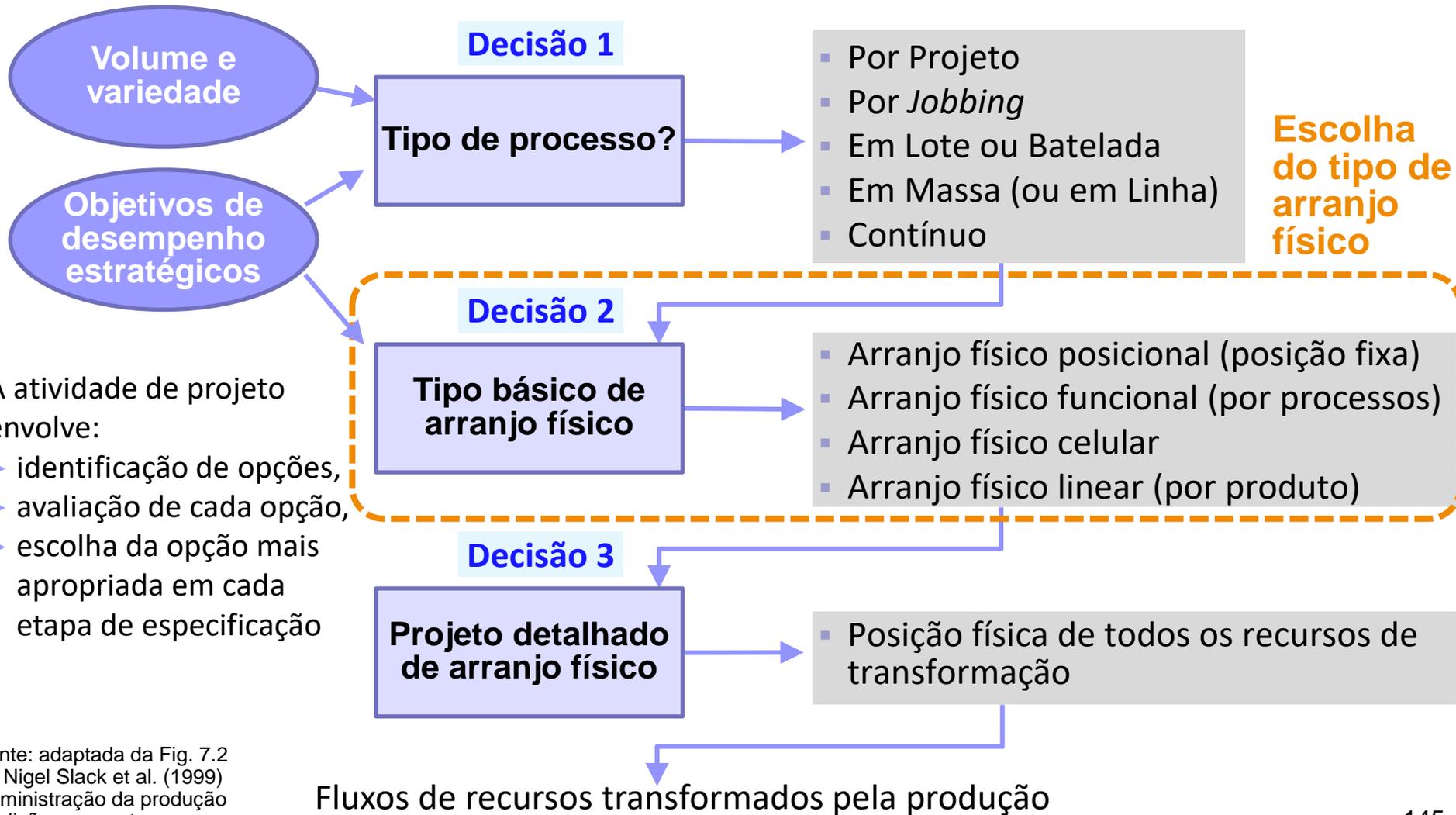


Tipos de Arranjo Físico

Depto. de Engenharia de Produção
Escola Politécnica da USP
Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

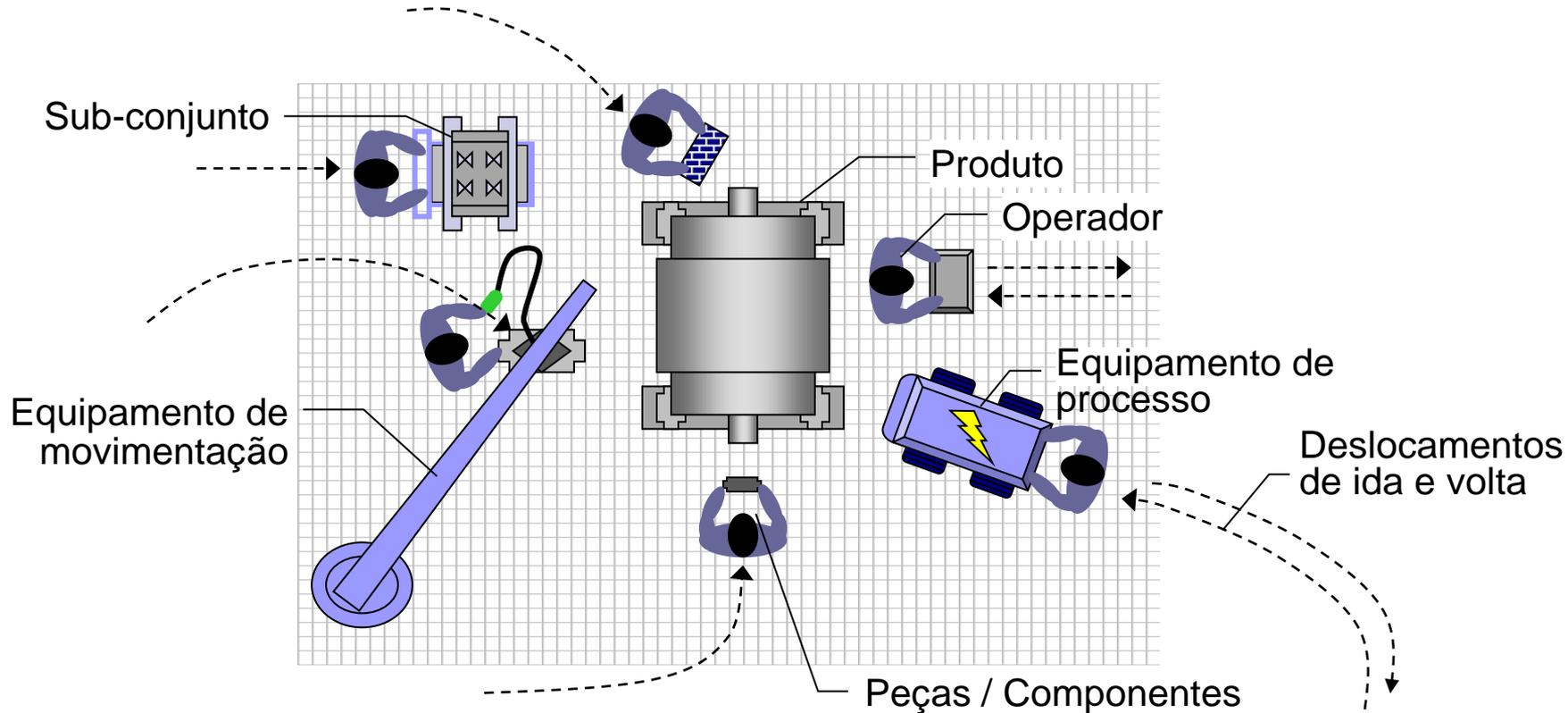
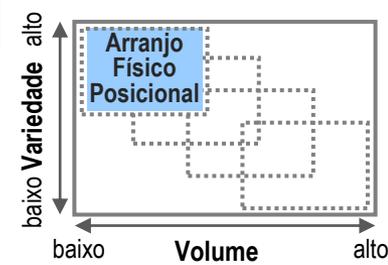
2023

Principais decisões no planejamento de sistemas de produção



Fonte: adaptada da Fig. 7.2 de Nigel Slack et al. (1999) Administração da produção - Edição compacta.

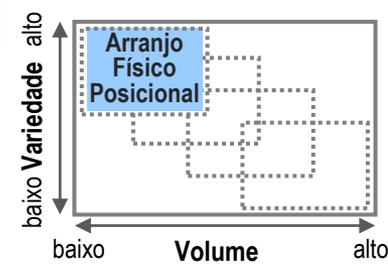
Arranjo Físico Posicional ou de Posição Fixa



- Posição fixa para a obtenção do produto final
- Geralmente produtos de difícil movimentação
- Operadores e equipamentos móveis
- Variação do produto é alta
- Variação do processo/roteiro é alta
- Uso de recursos flexíveis

- Muita movimentação da mão de obra e deslocamentos de equipamentos de processo no entorno do produto
- Mão de obra mais qualificada/capacitada que tem de se adaptar a produtos que podem variar muito
- Em geral, as operações realizadas no local são de ciclo longo
- *Lead time* (LT) de produção muito longo

Arranjo Físico Posicional ou de Posição Fixa



Montagem de turbinas à Gas (Siemens)

Montagem da fuselagem de aviões (Boeing)



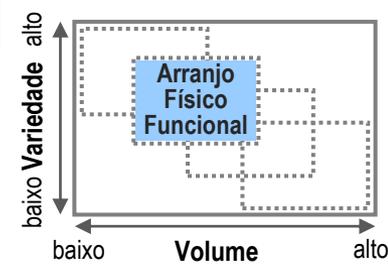
Fonte:
<https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-secures-h-class-gas-turbine-order-china>

Fonte:
https://malaya.com.ph/index.php/news_business/single-biggest-shock-airlines-airports-battle-coronavirus-cash-crunch/

- Posição fixa para a obtenção do produto final
- Geralmente produtos de difícil movimentação
- Operadores e equipamentos móveis
- Variação do produto é alta
- Variação do processo/roteiro é alta
- Uso de recursos flexíveis

- Muita movimentação da mão de obra e deslocamentos de equipamentos de processo no entorno do produto
- Mão de obra mais qualificada/capacitada que tem de se adaptar a produtos que podem variar muito
- Em geral, as operações realizadas no local são de ciclo longo
- *Lead time* (LT) de produção muito longo

Arranjo Físico Funcional ou por Processo



Setor de vulcanização de pneus remoldados (Crystone)



Fonte: <http://crystonepneus.com.br/a-fabrica/>

Setor de pesponto do cabedal de calçados

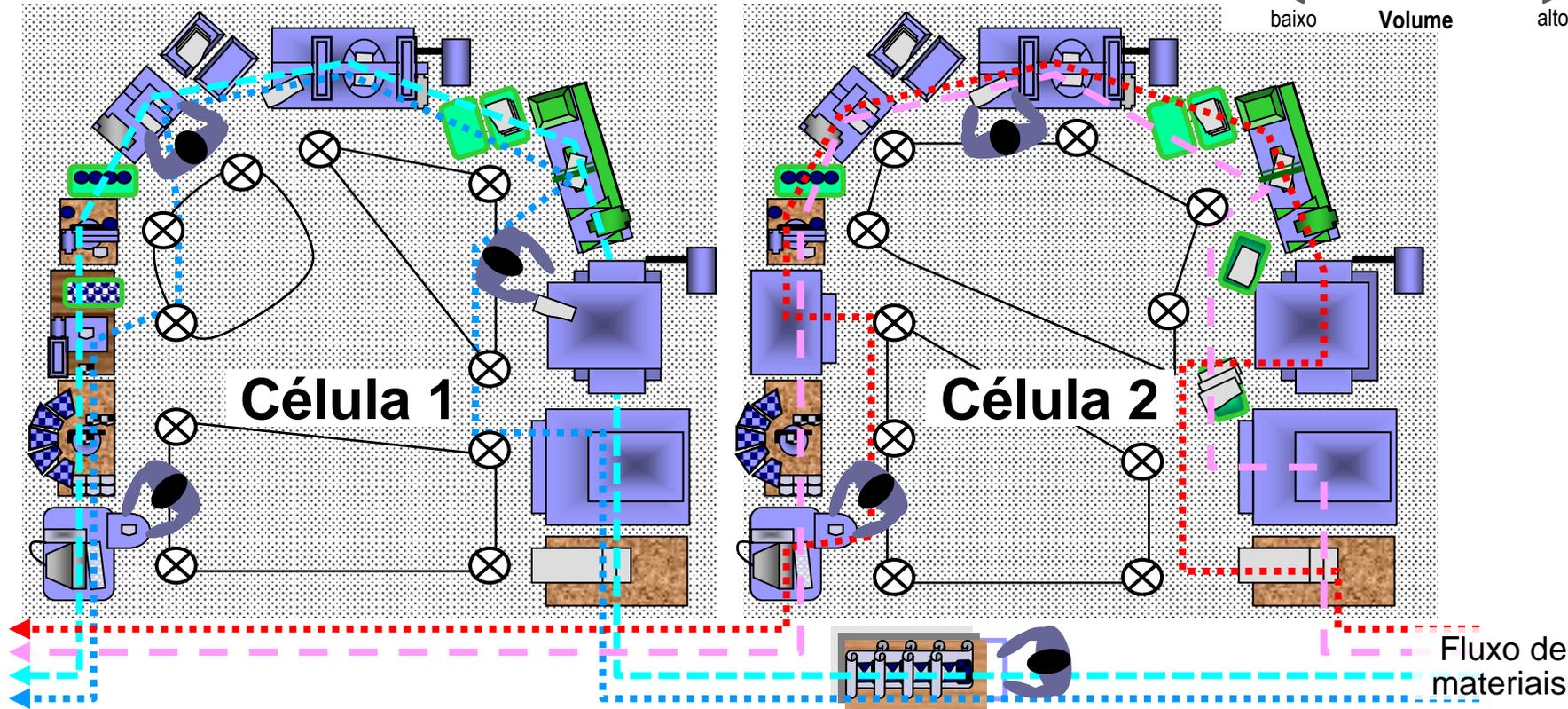
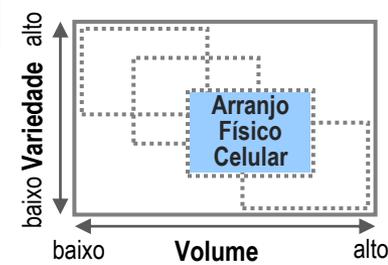


Fonte: <http://g1.globo.com/mg/centro-oeste/noticia/2016/04/nova-serrana-e-1-de-mg-e-3-do-pais-que-mais-contratou-no-trimestre.html>

- Produto móvel
- Recursos agrupados por tipo de função/processo
- A produção comumente é executada em lotes
- Transferências entre processos comumente em lotes
- Muito material em processo devidos às frequentes interrupções de fluxo e ocorrência de filas
- Variedade de produtos é alta

- Variação do processo/roteiro é alta
- Uso de recursos flexíveis
- Maior necessidade de realizar *setups* de máquina
- Mão de obra com qualificação para lidar com a variedade de peças/produtos
- Necessidade de muito transporte entre processos
- *Lead time* de produção geralmente longo

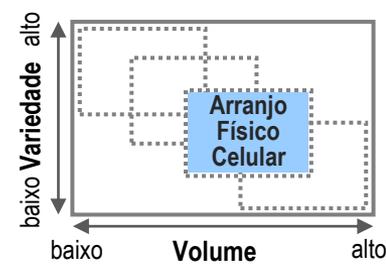
Arranjo Físico Celular



- Também denominado **group layout** (HILL, 1993, p. 138)
- Peças/Produtos agrupados em “famílias” for similaridade
- Células dedicadas a famílias
- Conjunto de recursos agrupados em células conforme as necessidades das famílias relacionadas.
- Recursos com flexibilidade suficiente para processar os itens da família.
- Peças/Produtos de fácil movimentação

- Geralmente, as peças avançam dentro das células unitariamente transferidas pelo próprio operador ou de forma automatizada
- Variedade de produtos é média
- Variação limitada do processo/roteiro dentro de cada célula
- Mão de obra multifuncional capaz de executar diferentes tarefas em cada célula
- *Lead time* (LT) de produção reduzido

Arranjo Físico Celular



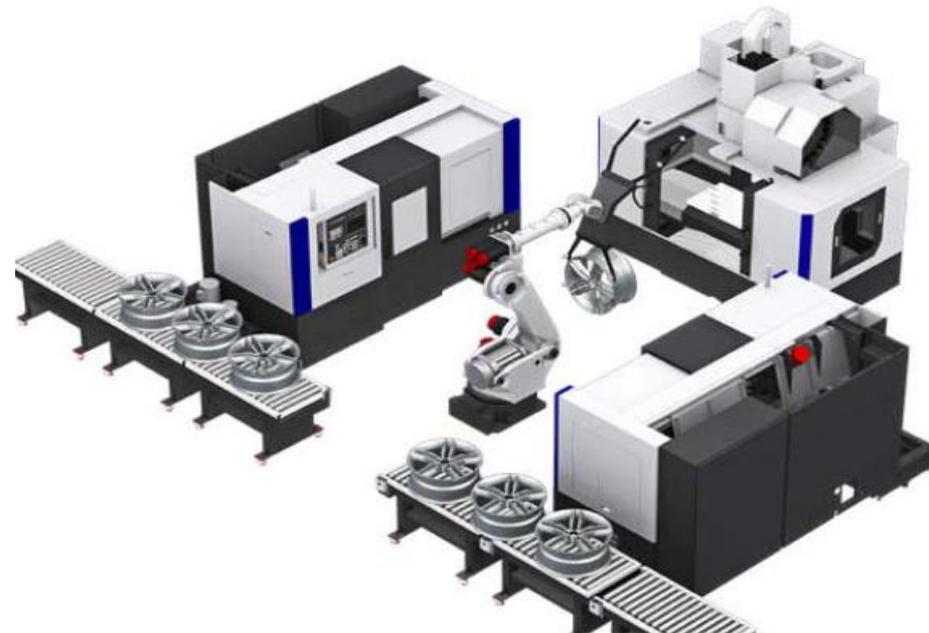
Montagem de peças plásticas em uma célula em U (PlasTec)



Fonte: https://plastec-kunststoffverarbeitung.com/en/Assembly_cell_PlasTec.html

- Também denominado **group layout** (HILL, 1993, p. 138)
- Peças/Produtos agrupados em “famílias” for similaridade
- Células dedicadas a famílias
- Conjunto de recursos agrupados em células conforme as necessidades das famílias relacionadas.
- Recursos com flexibilidade suficiente para processar os itens da família.
- Peças/Produtos de fácil movimentação

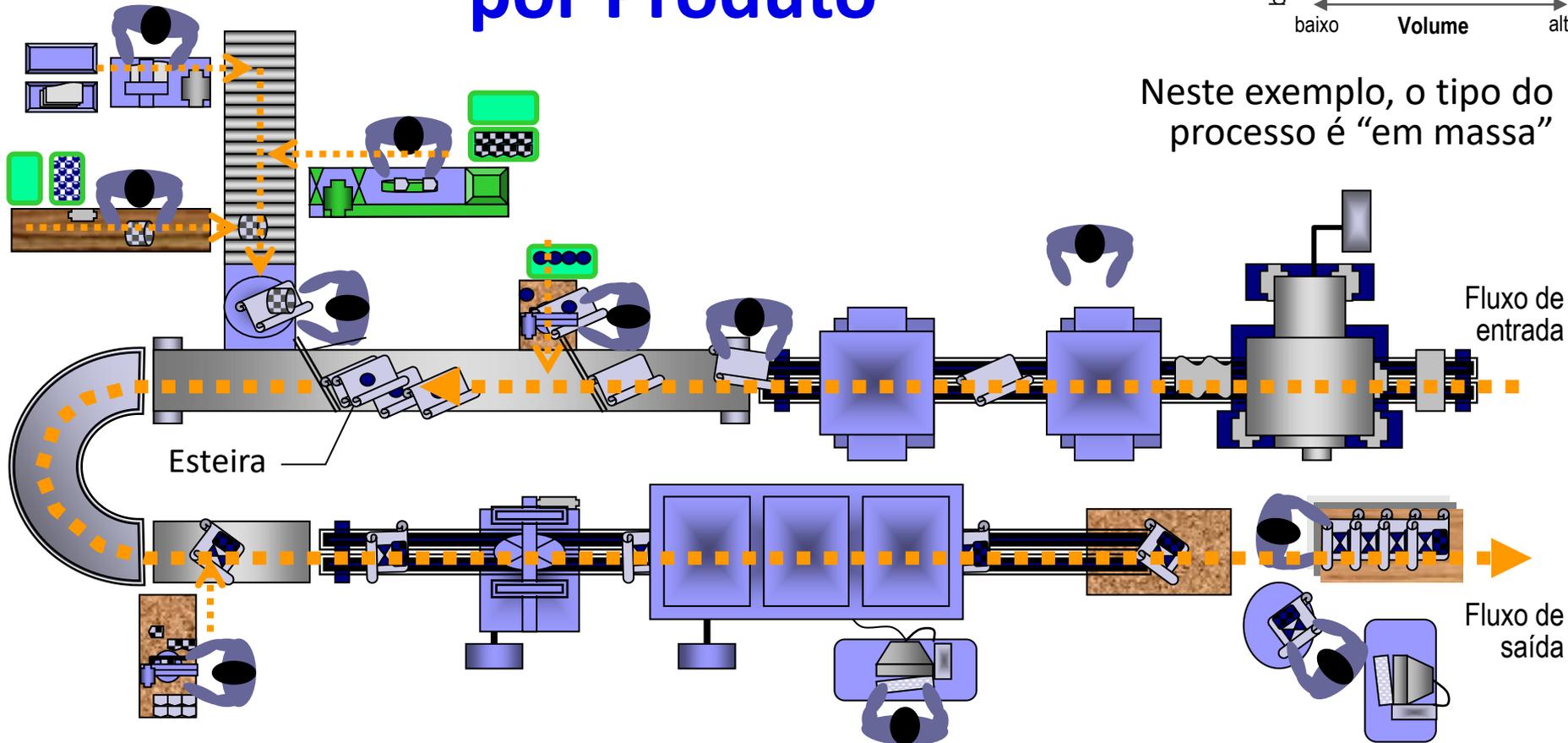
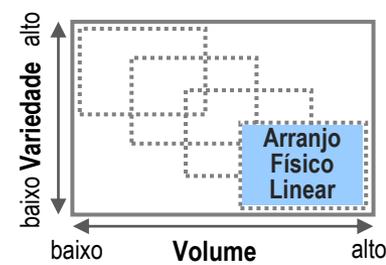
Usinagem de rodas em uma célula em U robotizada



Fonte: <https://www.hillaryinc.com/automation.htm>

- Geralmente, as peças avançam dentro das células unitariamente transferidas pelo próprio operador ou de forma automatizada
- Variedade de produtos é média
- Variação limitada do processo/roteiro dentro de cada célula
- Mão de obra multifuncional capaz de executar diferentes tarefas em cada célula
- *Lead time* (LT) de produção reduzido

Arranjo Físico Linear ou por Produto

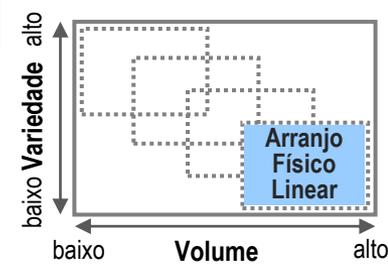


Neste exemplo, o tipo do processo é “em massa”

- Produto bastante padronizado e com elevada demanda
- Uma linha é dedicada a um único produto ou poucos produtos similares
- Em cada linha, são agrupados recursos específicos às necessidades do(s) produto(s) ao(s) qual(is) está dedicada
- Oferece oportunidade para mecanizar/automatizar a execução das operações e transferências dos materiais
- Possibilidade de empregar recursos específicos dedicados

- para utilização com elevada eficiência operacional
- Variedade de produtos é baixa ou nula
- Baixa ou nenhuma necessidade de realização de *setups*
- Variação do processo/roteiro dentro de cada linha é baixa ou nula
- Mão de obra menos qualificada para execução de tarefas bastante fragmentadas, simplificadas e repetitivas
- *Lead time* (LT) de produção é reduzido

Arranjo Físico Linear ou por Produto



Produção de itens discretos executando processos “em massa” com arranjo físico linear

Montagem final do Ford Model T (Ford Motor Co.)



Fonte: <https://historyofyesterday.com/henry-ford-and-the-industrial-revolution-8a758e3062e>

- Produto bastante padronizado e com elevada demanda
- Uma linha é dedicada a um único produto ou poucos produtos similares
- Em cada linha, são agrupados recursos específicos às necessidades do(s) produto(s) ao(s) qual(is) está dedicada
- Oferece oportunidade para mecanizar/automatizar a execução das operações e transferências dos materiais
- Possibilidade de empregar recursos específicos dedicados

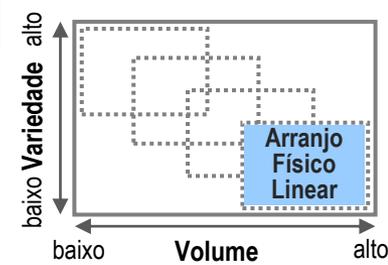
Montagem final de máquinas de lavar (Whirlpool)



Fonte: <https://archive.shine.cn/Business/consumer/Whirlpool-buys-controlling-stake-in-JV/shdaily.shtml>

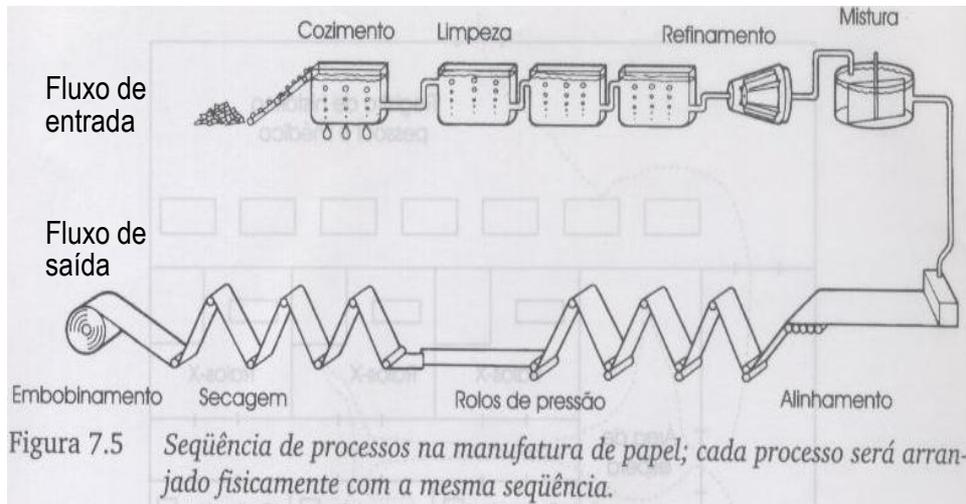
- para utilização com elevada eficiência operacional
- Variedade de produtos é baixa ou nula
- Baixa ou nenhuma necessidade de realização de *setups*
- Variação do processo/roteiro dentro de cada linha é baixa ou nula
- Mão de obra menos qualificada para execução de tarefas bastante fragmentadas, simplificadas e repetitivas
- *Lead time* (LT) de produção é reduzido

Arranjo Físico Linear ou por Produto



Sistema de produção em que o tipo do processo é “contínuo” e o arranjo físico é linear

Processo contínuo de produção de papel



Fonte: Fig. 7.5 de Nigel Slack et al. (1999)
Administração da produção - Edição compacta. p. 167

Processo contínuo de produção salgadinhos de floco de milho

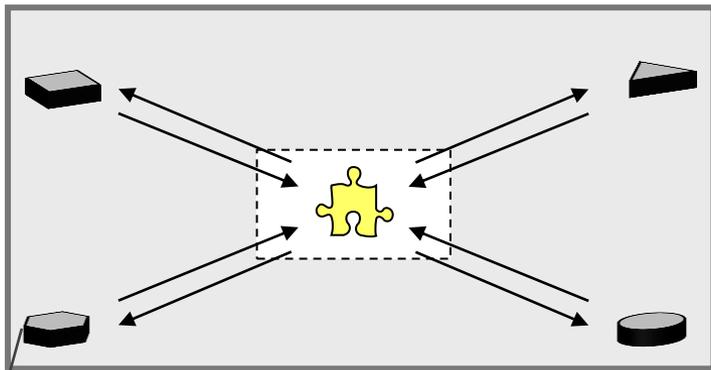


Fonte: <https://senamachinery.en.alibaba.com/>

- Fluxo contínuo do material em processo
- Material em processo não discreto
- Material em processo não manuseado por operadores
- Processamento e transporte do material em processo automatizado
- Na saída, o produto final pode se tornar discreto (nos exemplos acima: bobinas de papel, pacotes de salgadinhos)

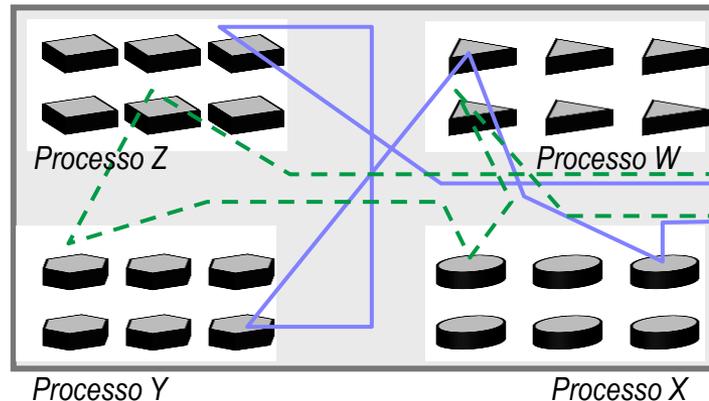
Disposição de recursos conforme os tipos básicos de Arranjo Físico

**Arranjo Físico Posicional
(ou de Posição Fixa)**

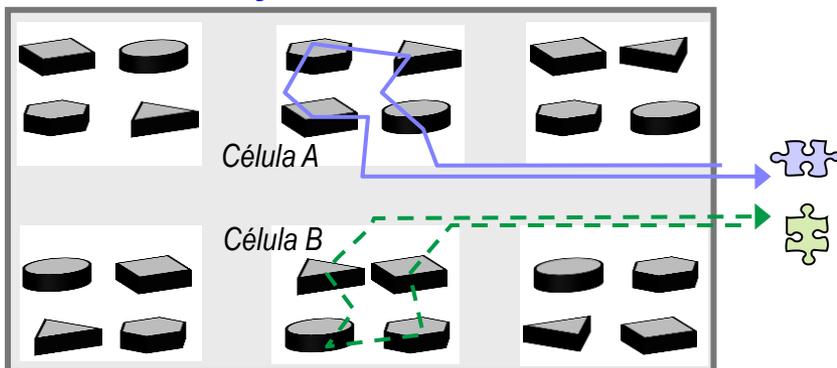


Recurso de produção
(máquina, posto de trabalho)

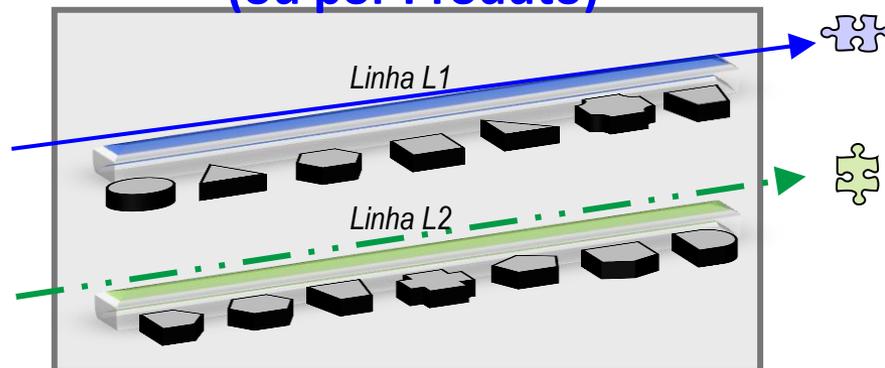
**Arranjo Físico Funcional
(ou por Processo)**



Arranjo Físico Celular



**Arranjo Físico Linear
(ou por Produto)**

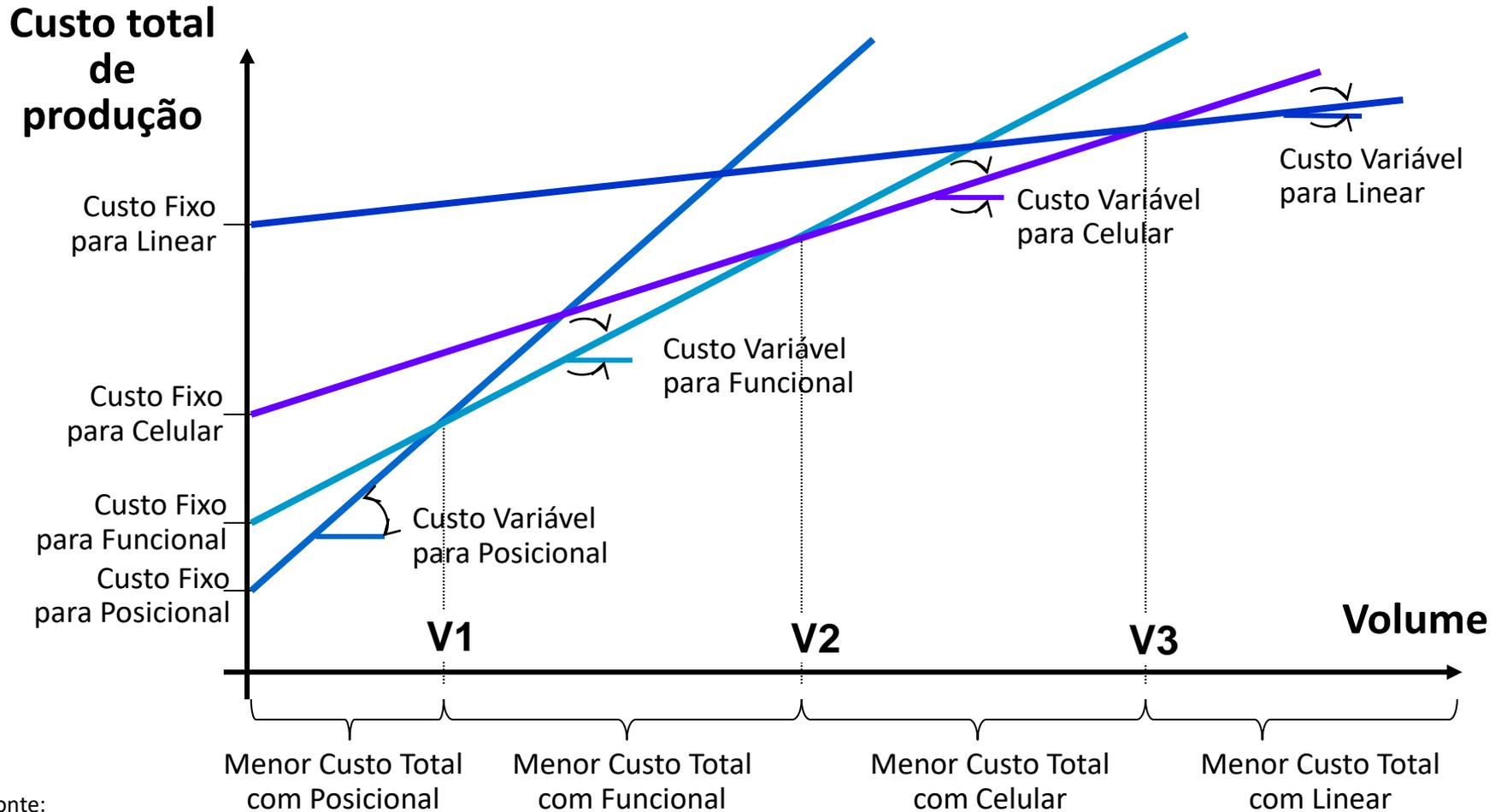


Cada tipo de Arranjo Físico revela tanto pontos fortes como pontos fracos. Nenhum tipo é superior em tudo. Considerar a “Matriz Volume x Variedade” para identificar as circunstâncias em que cada tipo seria mais vantajoso.

Principais características dos tipos básicos de Arranjo Físico

Característica	AF Posicional	AF Funcional	AF Celular	AF Linear
Tipo de produto	grande	médio / pequeno	médio / pequeno	pequeno
Diferenciação de produto	alta	alta	média / baixa	baixa / nenhuma
Volume de produção por tipo de produto	uma ou poucas unidades	pequena quantidade	pequena ou média quantidade	grande quantidade
Projeto	especial sob encomenda	variável / customizável	repetitivo / modular	padronizado
Flexibilidade de processo	alta	alta / média	média / baixa	baixa / nenhuma
Flexibilidade dos equipamentos	alta	alta / média	média / baixa	baixa / nenhuma
Variação de roteiro (fluxo de processo)	alta	alta / média	média / baixa	nenhuma
Lead time de produção	longo	longo	curto	curto
Mão de obra	qualificada	qualificada	polivalente	baixa qualificação
Custo unitário do produto	alto / muito alto	médio	baixo	baixo / muito baixo

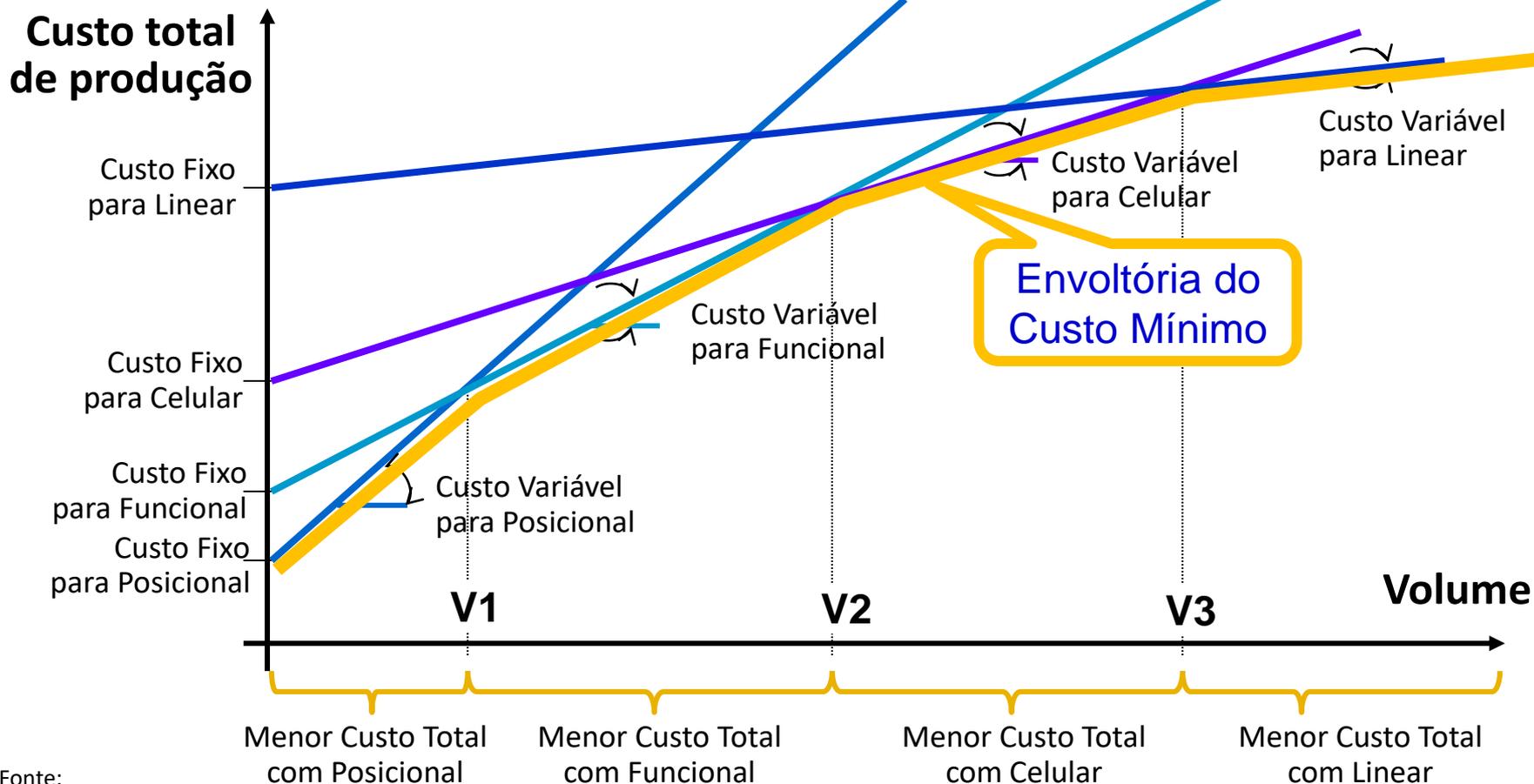
Custo fixo e custo variável conforme tipo de Arranjo Físico



Fonte:
Nigel Slack et al. (1999)
Administração da produção -
Edição compacta, Cap. 7

Custo fixo e custo variável conforme tipo de Arranjo Físico

– Para um dado nível de volume de produção, qual tipo de AF adotar?

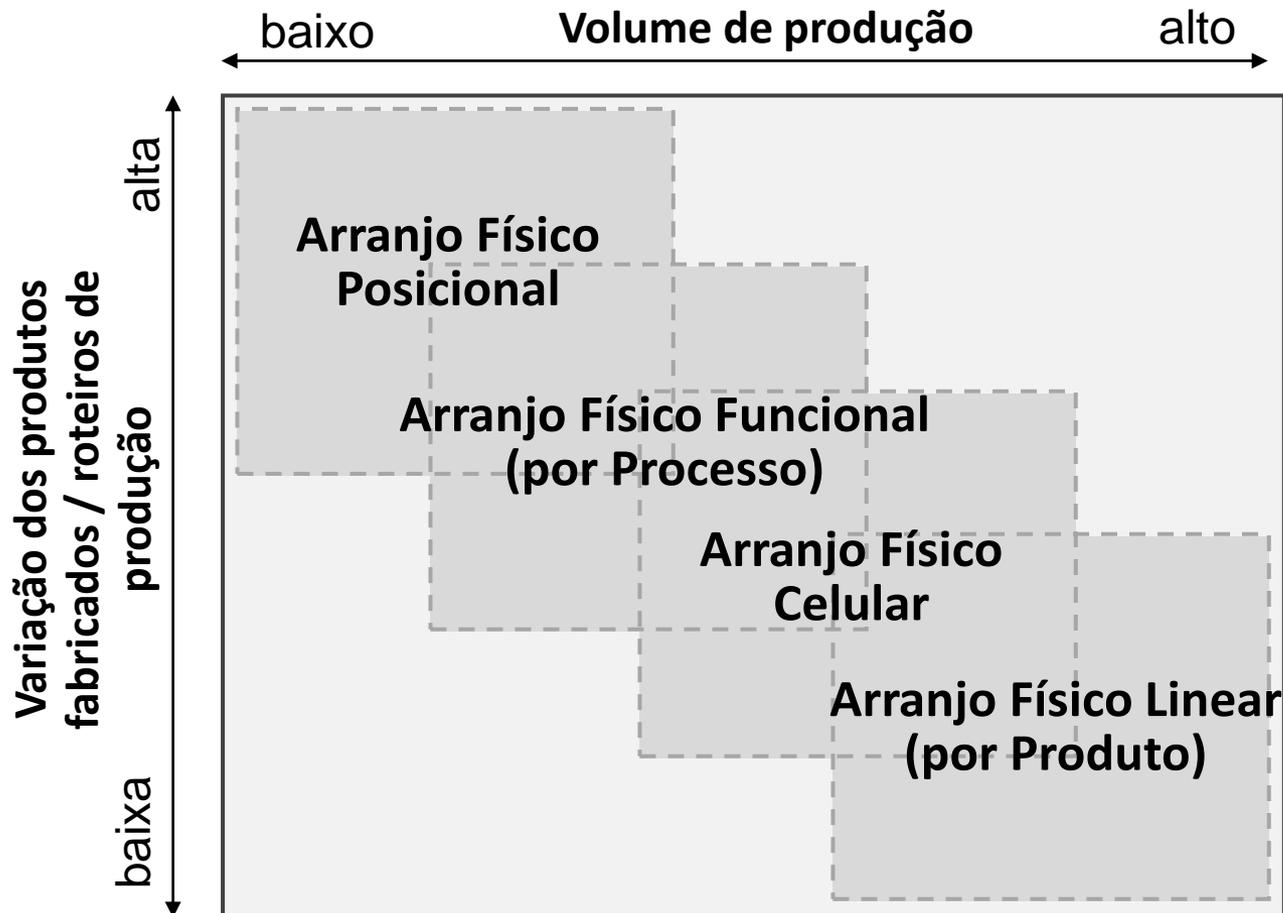


Fonte:
Nigel Slack et al. (1999)
Administração da produção -
Edição compacta, Cap. 7

Campo de aplicação mais adequado para cada tipo de Arranjo Físico na Matriz Volume x Variedade

– Como organizar fisicamente os recursos de produção?

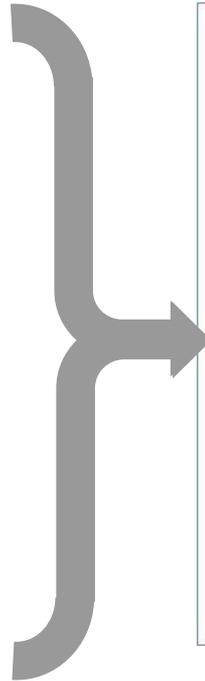
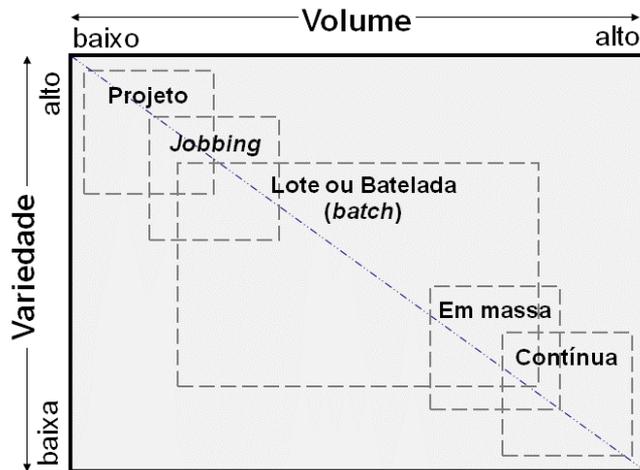
Posicionamento mais adequado de cada tipo de Arranjo Físico na Matriz Volume x Variedade



Fonte:
Nigel Slack et al. (1999)
Administração da
produção, Cap. 7

Adequação do Processo de um Sistema de Operação ao Negócio da Empresa

– Como organizar fisicamente os recursos de produção?



Tipos de processo	Tipos básicos de arranjo físico (AF)
Processo por projeto	AF posicional (ou de posição fixa)
Processo por <i>jobbing</i>	AF funcional (ou por processo)
Processo em <i>batches</i>	AF celular
Processo em massa	AF linear (ou por produto)
Processo contínuo	

Nesta figura, as fronteiras não são bem definidas e apenas sugerem as formas mais comuns de associação dos 5 tipos de processo à esquerda com os 4 tipos de AF à direita

Tipos de Processo e de Arranjo Físico adotados na produção de automóveis

Dado um produto (ex. um automóvel) qual deve ser o tipo de processo e o tipo de arranjo físico que devem ser adotados em sua produção?

Ex. As operações de montagem de automóveis devem ser sempre executadas na forma de um processo em massa?
Os recursos de produção e o fluxo para montagem de automóveis devem sempre ser organizados conforme arranjo físico linear?



Linha de Montagem da Land Rover Ford (2002)

Soldagem (Ford)

Tipos de Processo e de Arranjo Físico adotados na produção de automóveis

A linha de produção em massa não representa a única alternativa viável para a organização da área de montagem final de automóveis

Ex. Construção de carros de competição em garagens por escuderias

Ver vídeo da montagem da Stobart Focus com AF Posicional



<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=i2ONc13MPqY&feature=endscreen>

Tipos de Processo e de Arranjo Físico adotados na produção de automóveis

Iniciativas de combinação de processos de trabalho em grupo e “*dock-assembly*” em fábricas suecas



Volvo, Kalmar Plant (1974)

Fábricas da Volvo na Suécia que experimentaram a adoção de formas alternativas à linha de produção em massa



Volvo, Uddevalla Plant (1985)

Grupo de Trabalho responsável pela montagem completa de um automóvel sobre “docas” móveis. Nas etapas em que a doca fica estacionada numa determinada área enquanto o grupo realiza operações de montagem, o AF é posicional.