



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**PMR 3301**

**Complementos de Fabricação Mecânica**

Profa. Izabel Machado



# Seleção de Processos

## Tipos de Engrenagens



**Engrenagens cônicas:** As engrenagens cônicas são utilizadas para alterar a direção da rotação e a direção da força em baixas velocidades.



**Engrenagens helicoidais:** As engrenagens helicoidais possuem dentes em forma de hélice que são posicionados transversalmente ao eixo motor, possuindo como sua principal característica a capacidade de suportar grandes cargas em rotações elevadas e de forma silenciosa.



**Engrenagens hipóides:** As engrenagens hipóides possuem dentes em formato espiral, sendo muito utilizada nos casos em que se faz necessário imprimir grandes movimentos e cargas.

<https://monferrato.com.br/descubra-como-funciona-o-processo-de-fabricacao-de-engrenagens/>



# Seleção de Processos

## Tipos de Engrenagens



**Engrenagens diferenciais:** As engrenagens diferenciais são muito utilizadas nautomóveis, fazendo a ligação entre dois eixos e ajustando os seus ângulos de rotação



**Engrenagens retas:** As engrenagens retas são as mais comuns e utilizadas do mercado, devido a facilidade e baixo custo do seu processo produtivo.

<https://monferrato.com.br/descubra-como-funciona-o-processo-de-fabricacao-de-engrenagens/>



**Engrenagens sem fim:** Uma engrenagem de parafuso sem fim é utilizada quando é preciso reduzir a velocidade de transmissão para uma segunda engrenagem. Engrenagens sem fim são giradas por um eixo, contudo elas não podem girar o eixo a qual estão acopladas, transmitindo maior segurança.



# Seleção de Processos

## Tipos de Engrenagens



**Engrenagens planetárias:** As engrenagens planetárias são utilizadas para a redução de velocidade em máquinas, através de sua transformação em força. Devido a esta característica este tipo de engrenagem é comumente encontrada em automóveis, trens e helicópteros.

<https://monferrato.com.br/descubra-como-funciona-o-processo-de-fabricacao-de-engrenagens/>





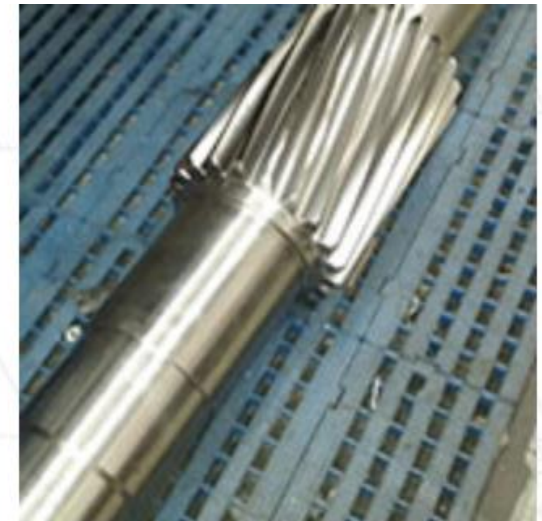
## Seleção de Processos – Usinagem



<http://www.fresadorasantana.com.br/engrenagens-cilindricas-dentes-retos.php>



## Seleção de Processos – Usinagem





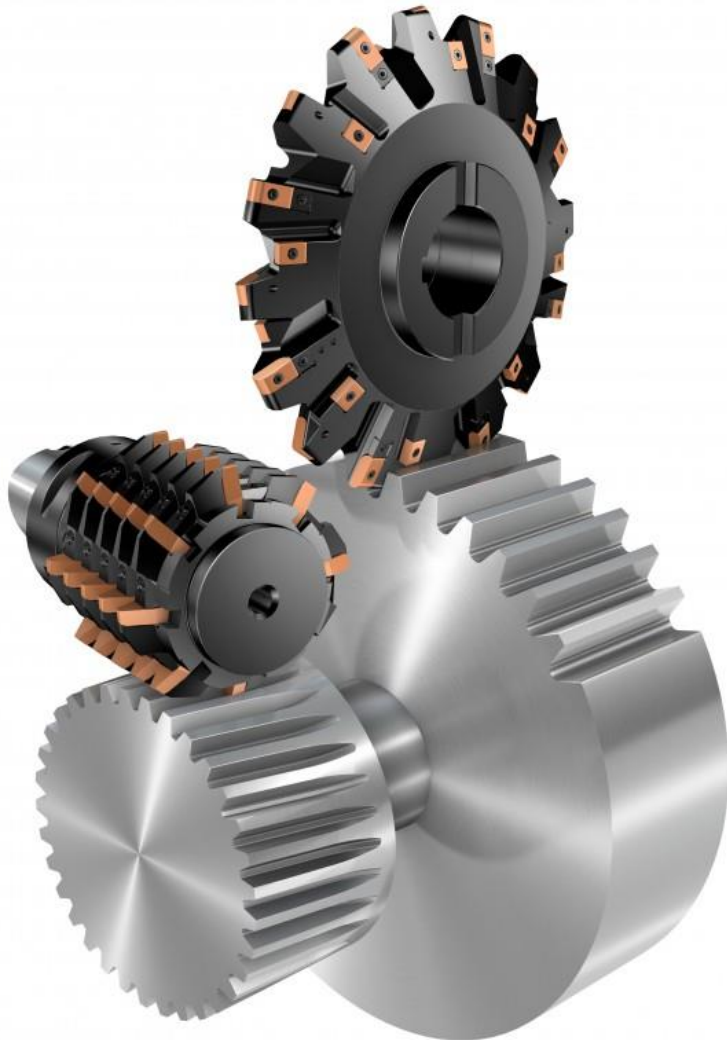
## Seleção de Processos – Usinagem







# Seleção de Processos – Usinagem

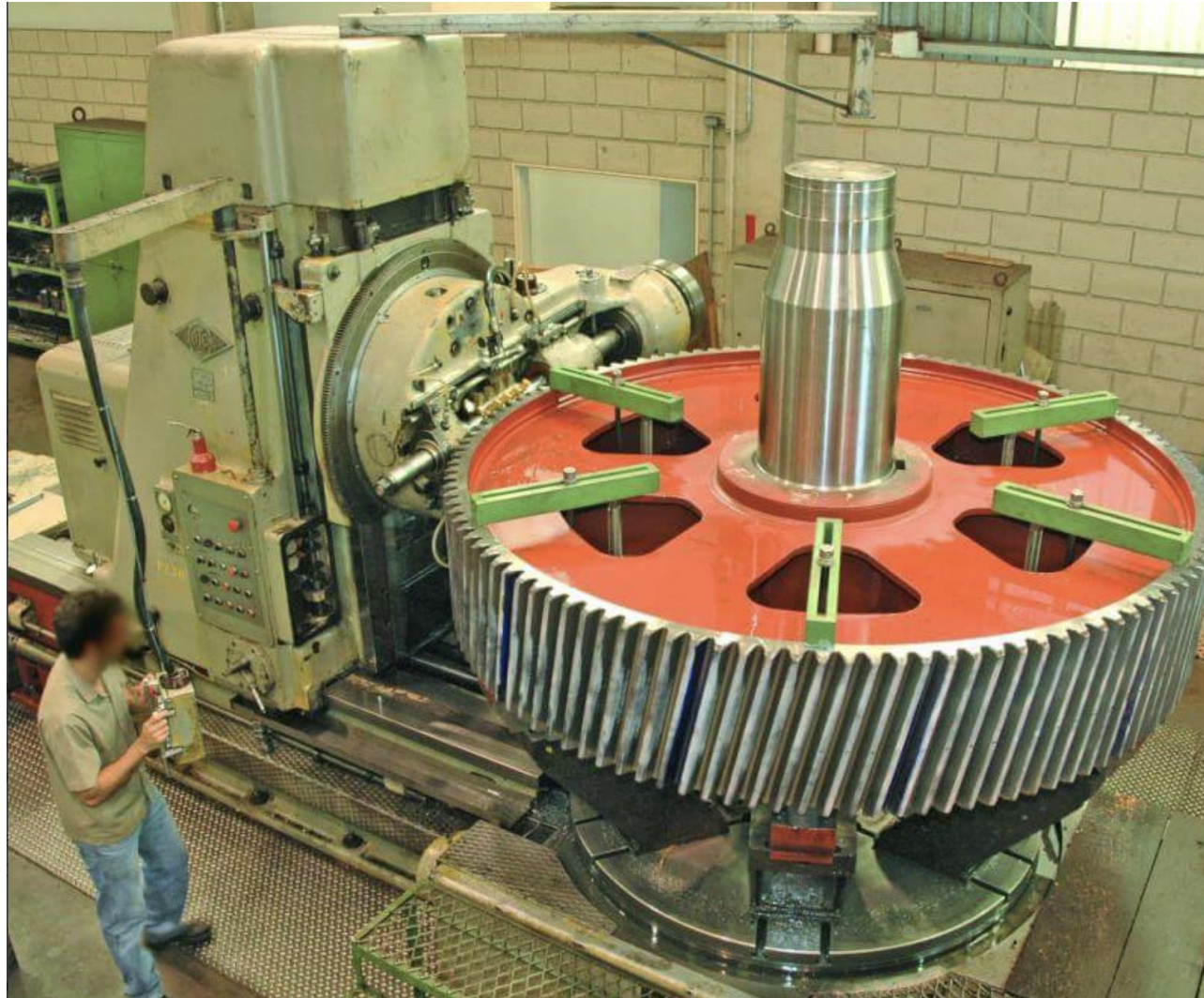


<https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/milling/pages/gear-manufacturing.aspx>





## Seleção de Processos – Usinagem



<https://www.addn.com.br/fabricante-engrenagem-helicoidal>





## Seleção de Processos – Usinagem



<https://www.addn.com.br/fabricante-engrenagem-helicoidal>



## Seleção de Processos – Fundição



<https://natreb.com.br/engrenagens-do-projeto-a-pos-venda/>





## Seleção de Processos – Forjadas

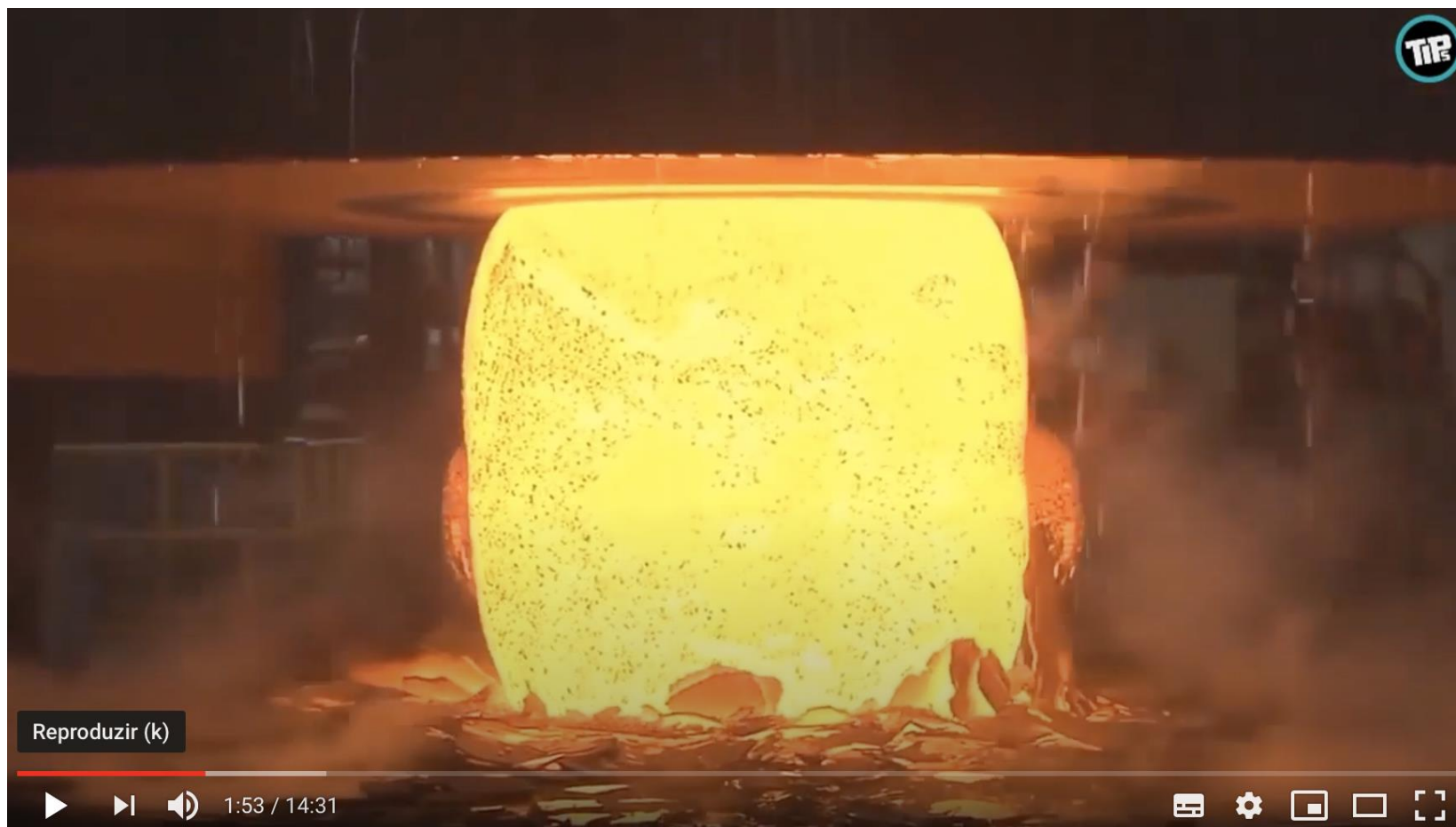


<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>





## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>



## Seleção de Processos – Forjadas

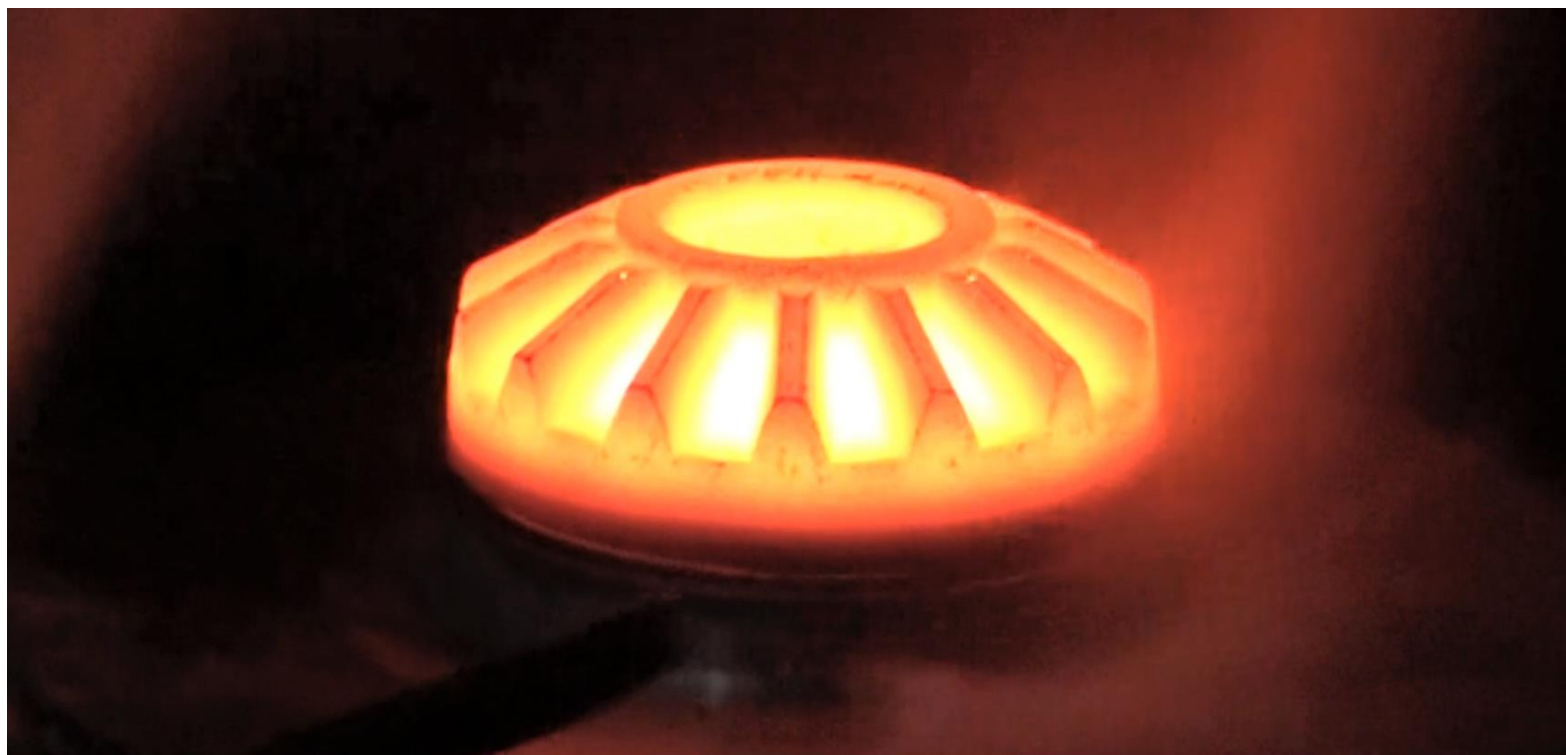


<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>



# Seleção de Processos – Forjadas

Eaton



Peça de engrenagem após forjamento a quente de precisão





## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>





## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>



## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>



## Seleção de Processos – Forjadas

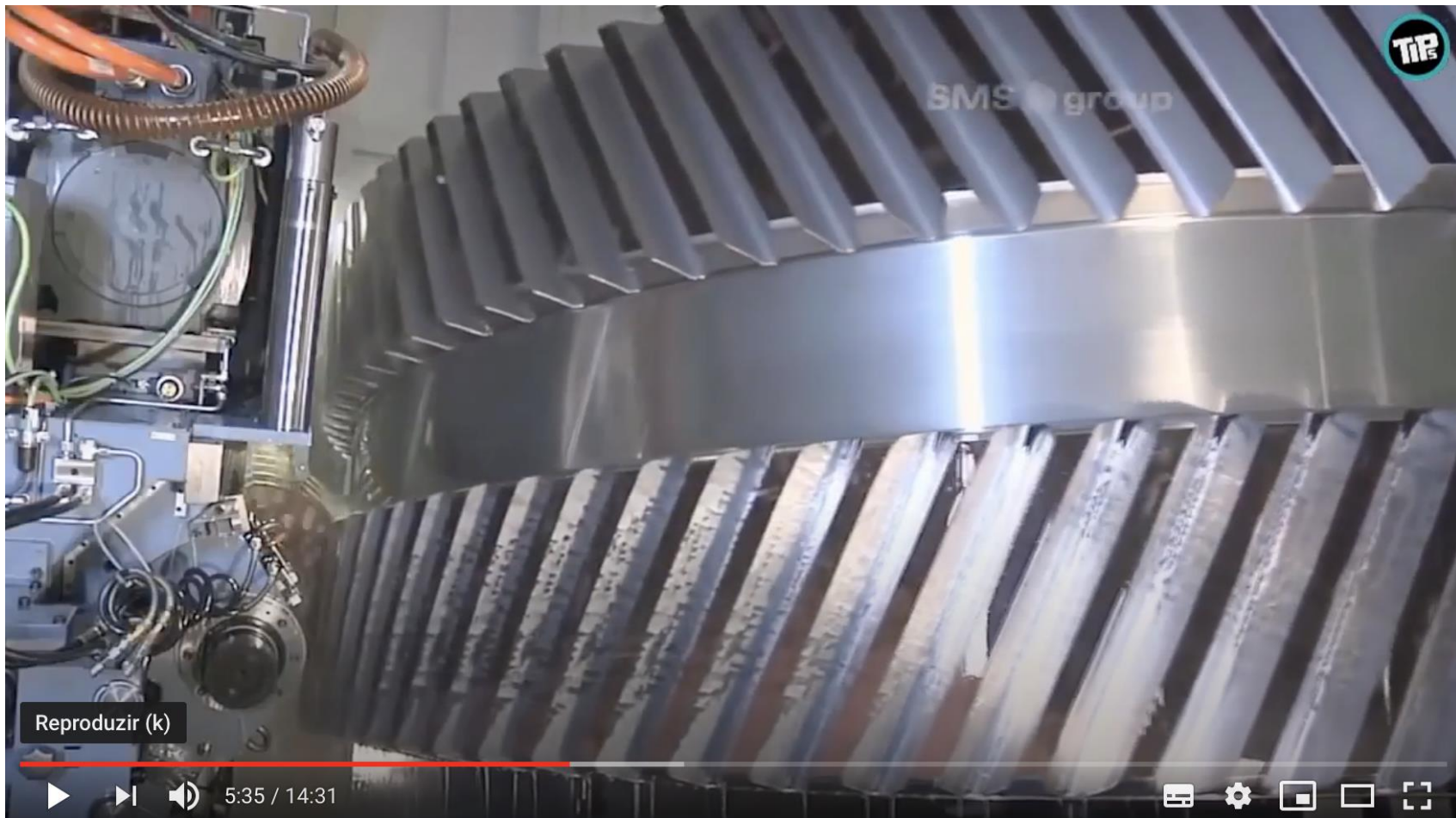


<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>





## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>





## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>



## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>



## Seleção de Processos – Forjadas



<https://www.youtube.com/watch?v=MkD6Prpqnqk>









# Sequência de Processos de Manufatura

Exemplo: Engrenagem – Processos de Fabricação

Vários processos podem ser utilizados e mais de uma vez com parâmetros diferenciados (sugestões de processos)

- ❖ Fundida
- ❖ Forjada
- ❖ Sinterizada (Metalurgia do Pó)
- ❖ Tratamentos Térmicos
- ❖ Soldagem
- ❖ Usinagem desbaste
- ❖ Tratamentos Térmicos/Superfície
- ❖ Shot peening
- ❖ Recobrimentos
- ❖ Usinagem para acabamento
- ❖ Manufatura aditiva
- ❖ Metrologia
- ❖ Ensaios não-destrutivos



## Tomada de decisão

- ❖ Projeto (propriedades, geometria , acabamento, tolerâncias)
- ❖ Matéria Prima ( diferentes materiais podem ser utilizados)
- ❖ Processos (a seleção da matéria prima está relacionada com o(s) processo(s) de manufatura selecionados)
- ❖ Geometria e tolerâncias dependem do processos de manufatura
- ❖ Volume de produção depende do processo de manufatura
- ❖ Automação depende do processo de manufatura
- ❖ Dimensões dependem do processo de manufatura
- ❖ Combinação de processos e sequência é importante – Planejamento de Processo
- ❖ Complementarmente – uso de softwares (aula anterior) , tem uma estreita relação com os processos de manufatura



## Comentários

- ❖ Seleção de processos e materiais – atividades casadas com as propriedades e características a serem obtidas.
- ❖ Associados estão a disponibilidade e o custo!
- ❖ Outro aspecto é que a noção de produto em engenharia é frequentemente separada da fabricação de produto (conceitualmente), apesar das interdependências!





## Introdução

A manufatura de um produto requer materiais, equipamentos para o processamento e **trabalhadores capazes e com conhecimento** para conduzir a transformação.

Processo e produto são muitas vezes separados, mas existe uma interdependência.

**“Características” do processo levam às “Características” do produto**

O conhecimento base para o desenvolvimento e a integração entre os processos vem:

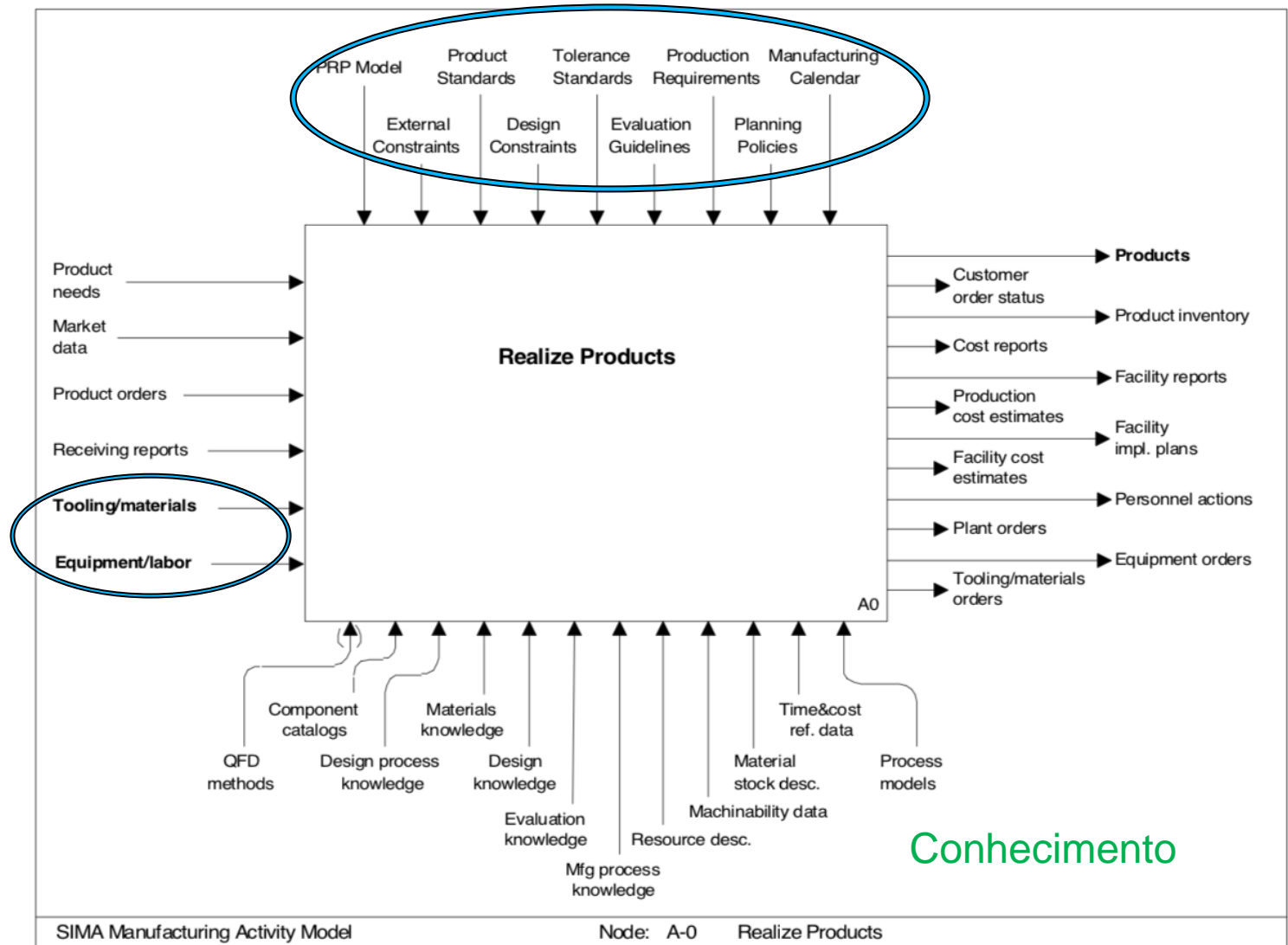
1. Experiência
2. Banco de dados
3. Normas
4. **Simulação de condições e parâmetros e processo**

CAD – CAM – CAE – CAPP

DEFINIÇÃO DE PROCESSOS E SUA SEQUÊNCIA



# Introdução



[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)

Figure 1. High-level View of Product Realization Activities



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

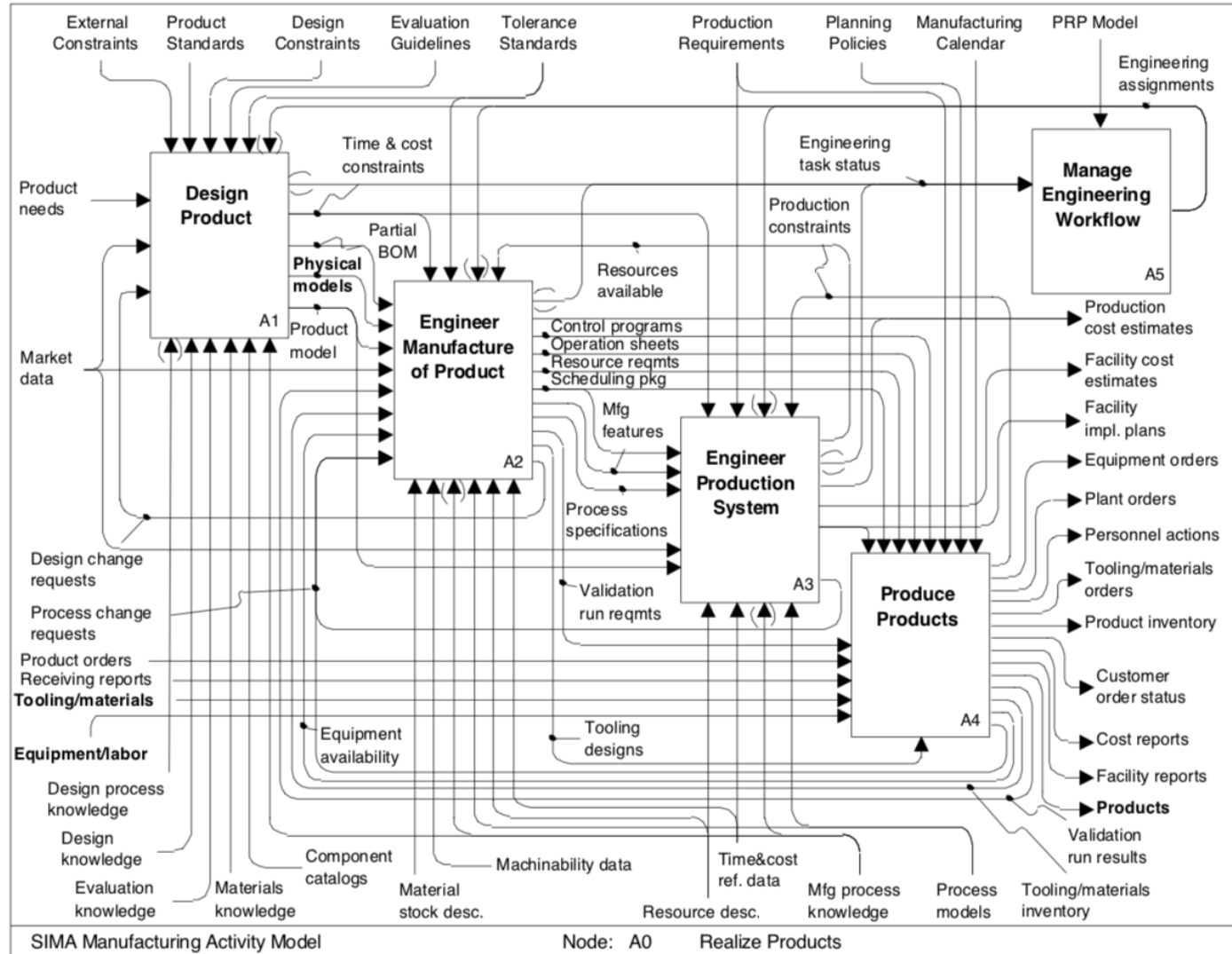


Figure 2. Decomposition of Product Realization Activities

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)





# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

Quando os engenheiros são requisitados para desenvolver a solução de um problema é múltiplas metodologias que podem levar a uma solução

Frequentemente uma solução já existente é adaptada para desenvolver uma solução

“Reuso” de projetos e soluções também é uma tarefa importante e requer conhecimento e que muitas vezes é apoiado por recursos ligados a banco de projetos

O trabalho citado do NIST fala de um sistema integrado de informações usando e integrando especificações formais (como normas) com informais (conhecimento adquirido)

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

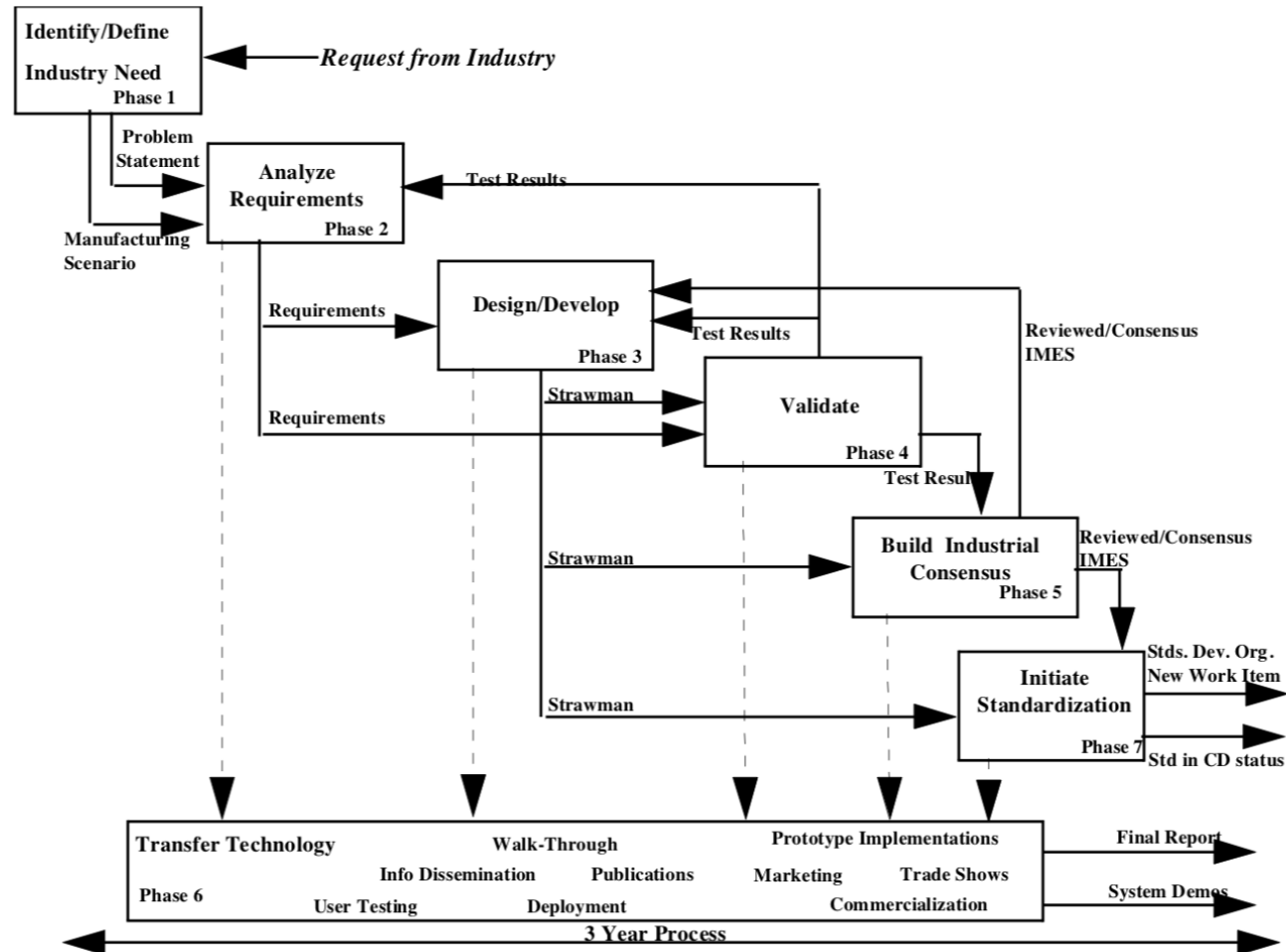


Figure 3. IMES Process Activities

[https://tsapps.nist.gov/pu blication/get\\_pdf.cfm?pub \\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/pu blication/get_pdf.cfm?pub _id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

## Tecnologias de Manufatura

Selecionar processos de manufatura, sequenciar operações de manufatura e programar processos de manufatura são atividades essenciais para a execução do processo de produção.

Para tomar decisões, os engenheiros de fabricação vão selecionar os equipamentos de processamento, sendo necessário conhecer as capacidades do equipamento em consideração

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)





# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

## Tecnologias de Manufatura

O agendamento adequado das operações de equipamentos no chão de fábrica, também é fundamental para alcançar as taxas de produção desejadas e minimizar o tempo de inatividade.

A programação dinâmica requer conhecimento do estado atual do chão de fábrica, para que as informações possam ser usadas para reagendar as atividades conforme as necessidades.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

Hoje o desenvolvimento de uma instalação de produção pode ser virtual, onde toda a operação uma instalação de produção é simulada.

A instalação de produção virtual evoluiu de simulações de máquinas-ferramenta únicas para simulações de células de trabalho, sistemas de manuseio de materiais, áreas de montagem e operadores humanos.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

O controle local dos equipamentos na fábrica pode ser realizado por uma combinação de software, computadores de uso geral e sistemas de controle especializados.

A instalação de fabricação típica inclui equipamentos de fabricação de uma variedade de fornecedores, com muitos tipos de equipamentos com suas próprias interfaces especializadas.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

Pode-se definir as especificações da manufatura em fases, que são usadas pelas outras para fazer as especificações.

## Fase 1: Identificar / Definir Necessidades do Setor

A atividade inicial do desenvolvimento da manufatura seria identificar e documentar uma necessidade do setor, cenário de fabricação ou declaração de problema para definir o escopo e o domínio de fabricação do projeto proposto.

## Fase 2: Analisar Requisitos

Essa fase de desenvolvimento manufatura consiste em analisar a situação atual no cenário de fabricação para entender os recursos atuais, tentativas anteriores de uma solução e necessidades específicas que devem ser acomodadas na solução proposta. Uma especificação de requisitos é a principal saída desejada desta fase do projeto.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES





# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

## Fase 3: Design / Desenvolvimento

Esta fase de desenvolvimento consiste no projeto, desenvolvimento e documentação reais da solução técnica proposta, que atenda aos requisitos especificados na fase anterior. A solução pode consistir em uma combinação de tipos de entrega, incluindo modelo (s) de informação, protocolo (s) de interface ou modelo (s) de processo, conforme exigido pelo problema a ser resolvido

## Fase 4: Validar

É necessária uma fase de validação para garantir a integridade, validade e usabilidade da solução proposta. As atividades de validação podem assumir várias formas, incluindo implementações de protótipos, instruções detalhadas com especialistas em domínio ou uma comparação com referências conhecidas.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

## Fase 5: criar consenso

Há necessidade de consenso do setor. Enquanto a maioria das fases de desenvolvimento, o que exige alguma colaboração ou interação com contrapartes industriais. Essa fase do desenvolvimento requer interação com um grande segmento da comunidade manufatureira alvo. Essa interação pode ser realizada por meio de workshops técnicos, reuniões de grupos de usuários, correspondência ou visitas ao local.

Essa fase é diferenciada do processo de padronização real para permitir e incentivar outras atividades de construção de consenso sem as possíveis restrições e procedimentos exigidos pelas organizações de padrões.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

## Fase 6: Transferência de Tecnologia

Uma das principais missões do NIST é disseminar resultados para a indústria. O Programa SIMA apoia esta missão. Os esforços de desenvolvimento do IMES incluirão aspectos de transferência de tecnologia para divulgar, comercializar e fazer a transição de atividades e resultados de projetos para organizações do setor ou de desenvolvimento de padrões.

A transferência de tecnologia deve ser uma atividade de projeto em andamento. Vários métodos de transferência de tecnologia podem ser empregados nos vários estágios do esforço de desenvolvimento para fornecer aos colaboradores da indústria e à comunidade industrial informações atualizadas. Os principais resultados desta fase consistem em um relatório final e demonstrações do sistema.

### TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVELS)

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)



# Desenvolvimento da Manufatura de um Produto

## Fase 7: Iniciar padronização

Como proposta para uma necessidade de integração de manufatura, os esforços de desenvolvimento devem incluir à interação com organizações de desenvolvimento de padrões apropriadas para iniciar essa padronização.

Initial Manufacturing Exchange Specifications - IMES

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)

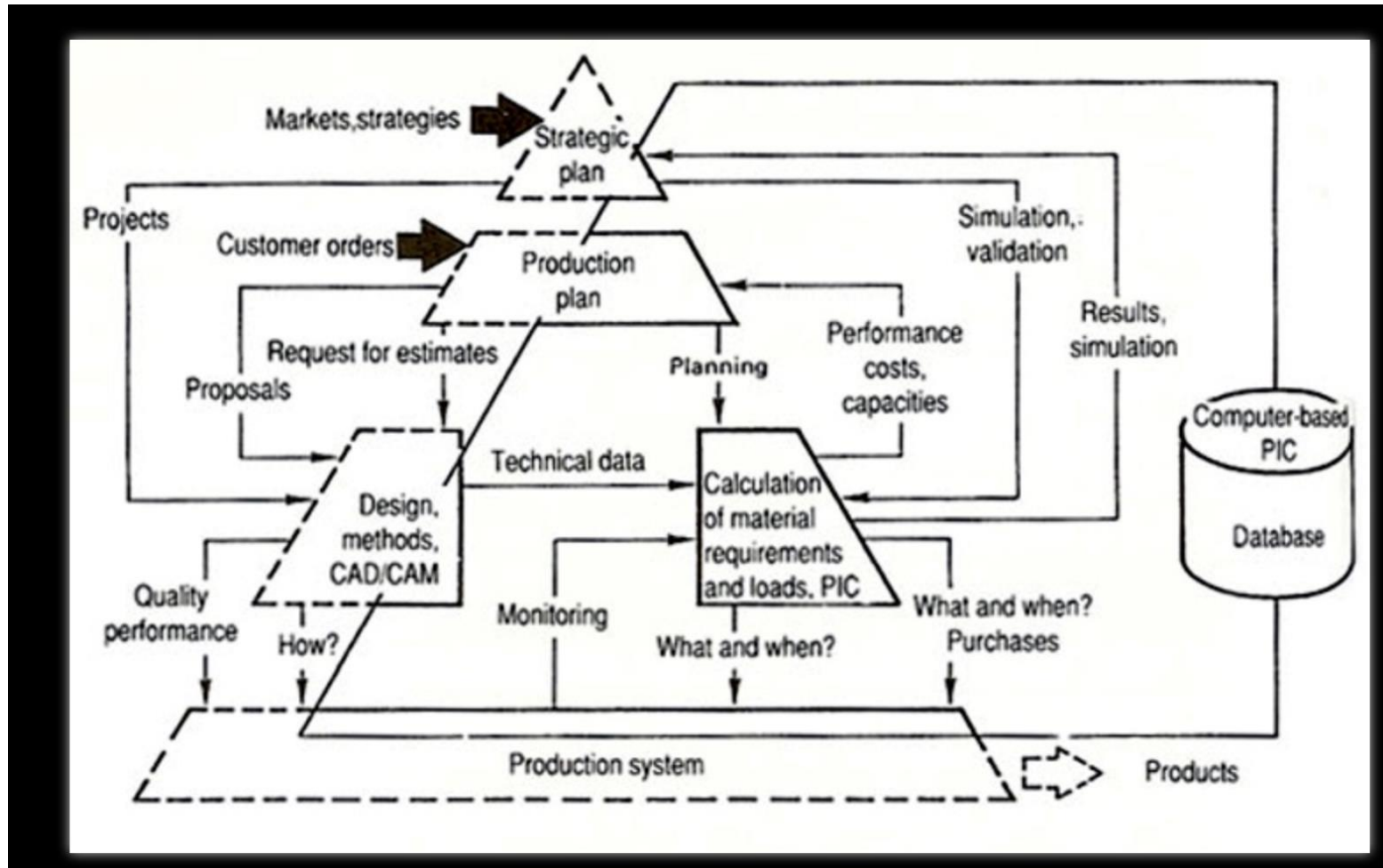




# Seleção de Processo

## Integração de Processos de Manufatura

- Obtenção de um determinado componente ou dispositivo raramente é feito em uma única etapa.
- Obtenção de um determinado componente ou dispositivo pode ser feita de diferentes formas.
- Organização das etapas de processamento é fundamental tanto do ponto de vista técnico como econômico
- Como visto anteriormente os processos de fabricação visam obter um componente sem defeitos, dentro das tolerâncias e com as propriedades mecânicas indicadas no projeto
- Ferramentas computacionais dão suporte não só ao projeto como à manufatura

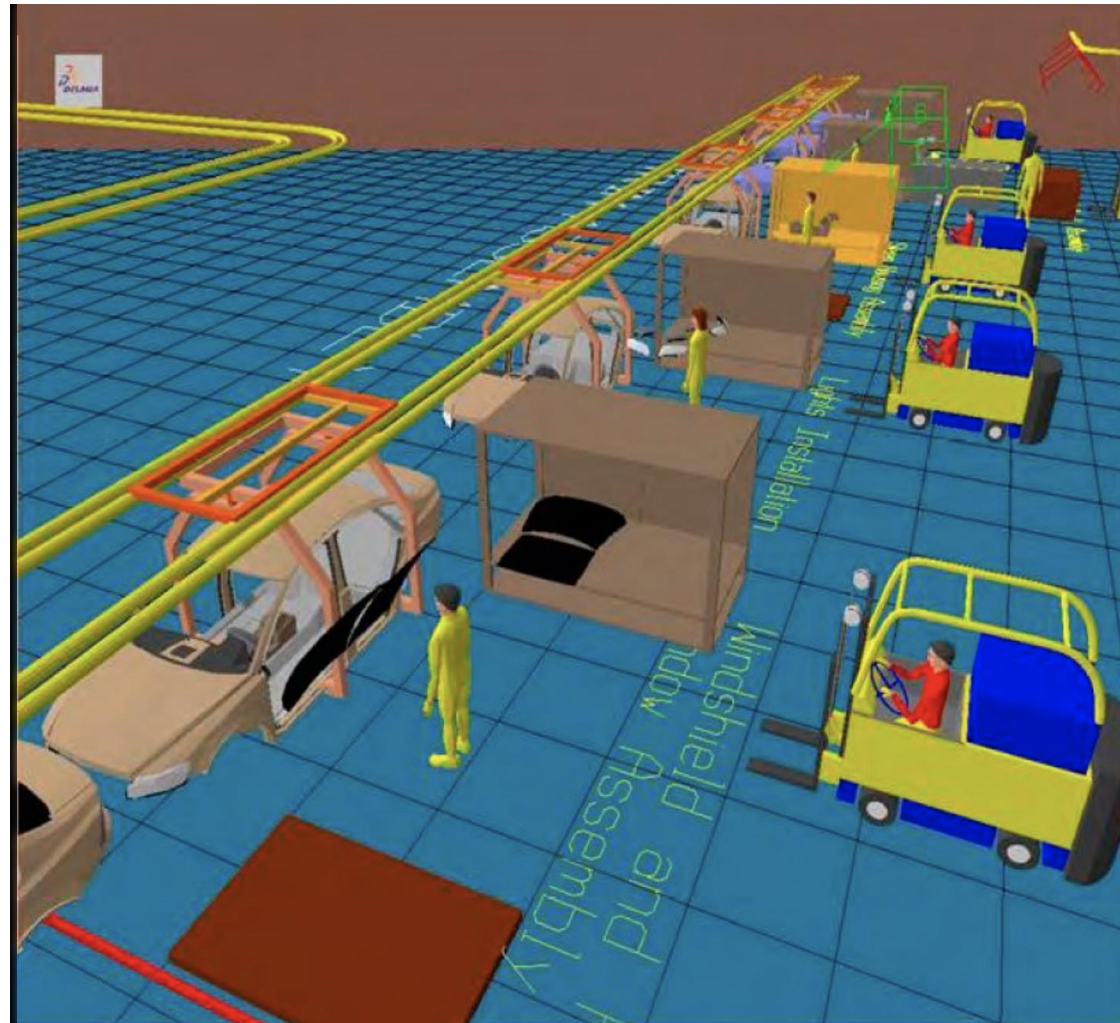


CIM & production control system: Computer Integrated Manufacturing is used to describe the complete automation of a manufacturing plant, with all processes running under computer control and digital information tying them together



## Computer-integrated manufacturing

[https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-integrated\\_manufacturing#/media/File:NIST\\_Manufacturing\\_Systems\\_Integration\\_Program.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-integrated_manufacturing#/media/File:NIST_Manufacturing_Systems_Integration_Program.jpg)



Manufacturing Systems Integration Program, [NIST](#) 2008



## Computer-aided techniques:

- CAD (computer-aided design)
- CAE (computer-aided engineering)
- CAM (computer-aided manufacturing)
- CAPP (computer-aided process planning)
- CAQ (computer-aided quality assurance)
- PPC (production planning and control)
- ERP (enterprise resource planning)
- A business system integrated by a common database.





Devices and equipment required:

- CNC, Computer numerical controlled machine tools
- DNC, Direct numerical control machine tools
- PLCs, Programmable logic controllers
- Robotics
- Computers
- Software
- Controllers
- Networks
- Interfacing



- Monitoring equipment

Technologies:

- FMS, (flexible manufacturing system)
- ASRS, automated storage and retrieval system
- AGV, automated guided vehicle
- Robotics
- Automated conveyance systems

Others:

- Lean manufacturing

Lean manufacturing, or lean production, is a production method derived from Toyota's 1930 operating model "The Toyota Way" (Toyota Production System, TPS).



## Vídeos complementares

Usinagem: <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/milling/pages/gear-manufacturing.aspx?Country=br>

Engrenagens: <https://monferrato.com.br/descubra-como-funciona-o-processo-de-fabricacao-de-engrenagens/>

[https://tsapps.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=821138](https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=821138)

<https://www.youtube.com/watch?v=p0G1BBxY9Os>

<https://www.youtube.com/watch?v=3r7yc2Q6l1g>

<https://www.youtube.com/watch?v=hN65bqL3mZ4>



Atividade:

1. Descreva os aspectos da manufatura de um produto até a sua padronização

2. Qual é a importância da seleção e sequência do(s) processo(s) na manufatura.

Sugestão para a análise: matéria prima, processos envolvendo formação de fase líquida ou só sólido, possibilidade de automação.

3. Como o uso de sensores e softwares pode auxiliar na decisão e seleção de processos de manufatura?