

Quadro 8.16 Diminuindo os Custos, Desenvolvendo Fornecedores (continuação)

disso, comumente, sem experiência com o processo de fundição, elas mandavam algumas especificações erradas. Isso ocasionava, às vezes, produtos que não podiam ser fabricados ou mesmo erros, que aumentavam em demasia o ciclo de desenvolvimento. Alguns fornecedores (fundições) detectavam esses erros e pediam para a empresa corrigir.

Depois de vários anos praticando esse tipo de relacionamento com as fundições, as empresas contrataram algumas delas como fornecedoras. Elas enviavam as especificações da peça final para as fundições parceiras e solicitavam todo o detalhamento da peça em estado bruto.

Nunca mais houve problema de qualidade com a especificação errada da peça fundida e todos os seus custos de detalhamento foram eliminados, diminuindo assim o seu custo de desenvolvimento.

O envio das especificações pode ser realizado de forma tradicional, por meio de correspondência, ou atualmente via Internet, por *market places*, ou nos leilões reversos.

Conforme o grau de dificuldade técnica que o SSC apresenta, pode ser necessário que o fornecedor envie amostras (ou mesmo um protótipo em casos mais complexos e de baixo volume) do item a ser adquirido.

A homologação do fornecedor ocorre não somente com a aprovação da qualidade das amostras, mas também por meio da aprovação da empresa e de seus principais processos de negócio que influenciam a qualidade do seu produto (que é um SSC para a empresa compradora). Para isso, existem certificados de qualidade como a ISO 9000, que asseguram a qualidade do fornecedor, mas existem muitos clientes que exigem condições adicionais. Está diminuindo a quantidade de fornecedores que estabelece padrões de qualidade próprios para os seus fornecedores, pois eles estão se associando com empresas da mesma categoria e criando padrões mais genéricos. Isso visa diminuir os custos de seus fornecedores, que assim não precisarão atender a vários padrões, mas a um único.³⁶ Algumas empresas, no entanto, ainda exigem que os seus padrões de qualidade específicos sejam atendidos, mas o outro lado da moeda, é que, em última análise, o fornecedor precisa embutir os custos de atender a esses critérios nos preços dos seus produtos.

 Avaliar amostras dos SSC recebidos

 Homologar fornecedores

8.6 Planejar processo de fabricação e montagem

Na presente atividade, aquele plano macro inicial, criado no projeto conceitual, é atualizado, um novo pode ser criado e suas operações são detalhadas. Há um grande número de alternativas de documentação detalhada do plano de processo.

Em seguida, serão apresentadas as possíveis tarefas de planejamento, que, dependendo do tipo de componente e estratégia de planejamento do processo, devem ser analisadas e eliminadas para cada caso particular.

Primeiro, precisamos conhecer os dois níveis que existem de planejamento de processo: o planejamento macro e o detalhamento de operações.

O plano macro fornece a seqüência de operações, especificação de máquinas e equipamentos, e tempo, sendo utilizado pelo Planejamento e Controle da Produção para programar de forma correta a fabricação do componente (ou montagem do sistema).³⁷ O detalhamento das operações produz todas as informações que são colocadas ao lado do posto de trabalho, permitindo que a realização das operações tenha repetibilidade e qualidade. Ou seja, descreve em detalhes como se deve realizar uma operação (Figura 8.30). Não há padrões para o plano macro e para os detalhamentos. Cada empresa usa um tipo de documento e de detalhamento. Existem empresas

 Objetivo desta atividade

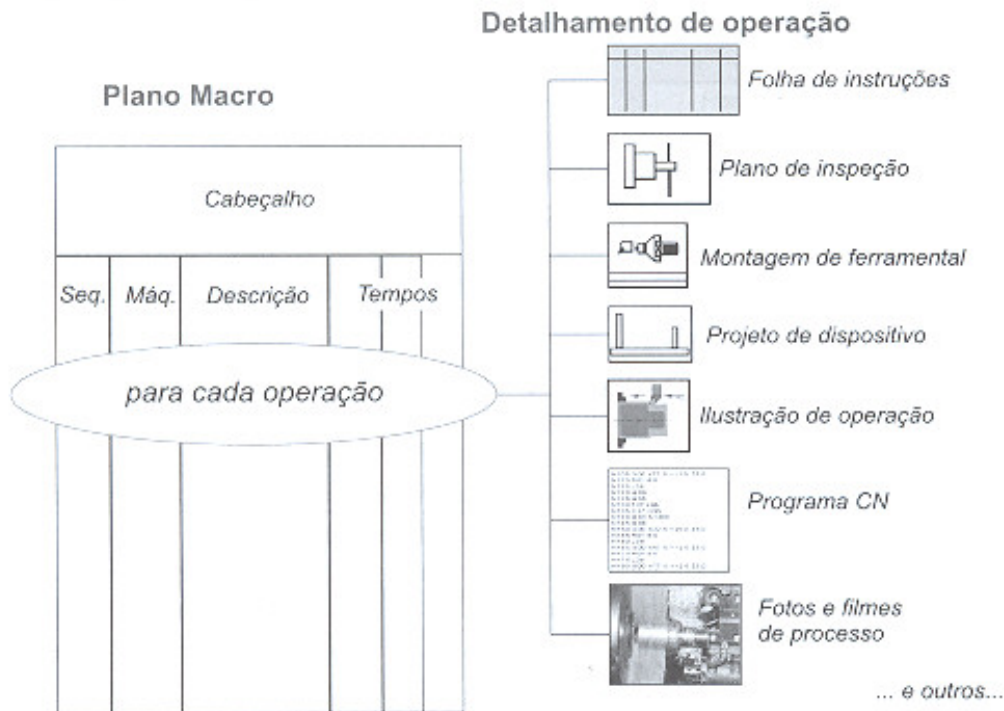
 Dois níveis de planejamento

³⁶ Esse foi o caso da indústria automobilística. As três maiores montadoras americanas unificaram os seus requisitos de qualidade, exigidos dos seus fornecedores, e criaram a QS 9000 (veja, na bibliografia, HOYLE, 1997), que hoje está sendo substituída pela norma ISO/TS 16949.

³⁷ Para a programação correta, necessita-se das especificações das máquinas (postos de trabalho) e tempos necessários para a realização de uma operação.

que trabalham somente com o plano macro, mas têm dificuldades de manter a repetibilidade e ficam muito dependentes da habilidade do operador da máquina. Esse é o caso das ferramentarias. Para as empresas de bens de consumo duráveis e de capital, foco deste livro, deve-se sempre produzir os documentos de detalhamento. Nesse ramo, existem empresas que possuem de dois a três documentos de detalhamento, até empresas que possuem 12 tipos diferentes de documentos. Em uma empresa fabricante de blocos de motores a diesel, chegamos a conhecer planos de processo com 150 páginas no total.

Figura 8.30 Níveis de planejamento de processo.



O início do planejamento do processo pode ocorrer no projeto conceitual

Durante a fase de projeto conceitual, paralela à identificação e análise dos SSCs, determinam-se os processos de fabricação (veja a atividade de definir processo macro na fase de projeto conceitual, Capítulo 7). A especificação desses processos equivale a uma primeira versão dos planos macros para os componentes que serão fabricados. Para um componente mecânico, por exemplo, podem ser definidos os seguintes processos: torneamento, furação, tratamento térmico de têmpera e retificação. Em algumas empresas, não se criam documentos específicos para esse fim, e as informações de planejamento do processo são anotadas no próprio desenho de especificação dos componentes. Porém, é uma boa prática criar um documento inicial naquele momento, desde que ele possa ser reutilizado em seguida, sem burocratizar o PDP.

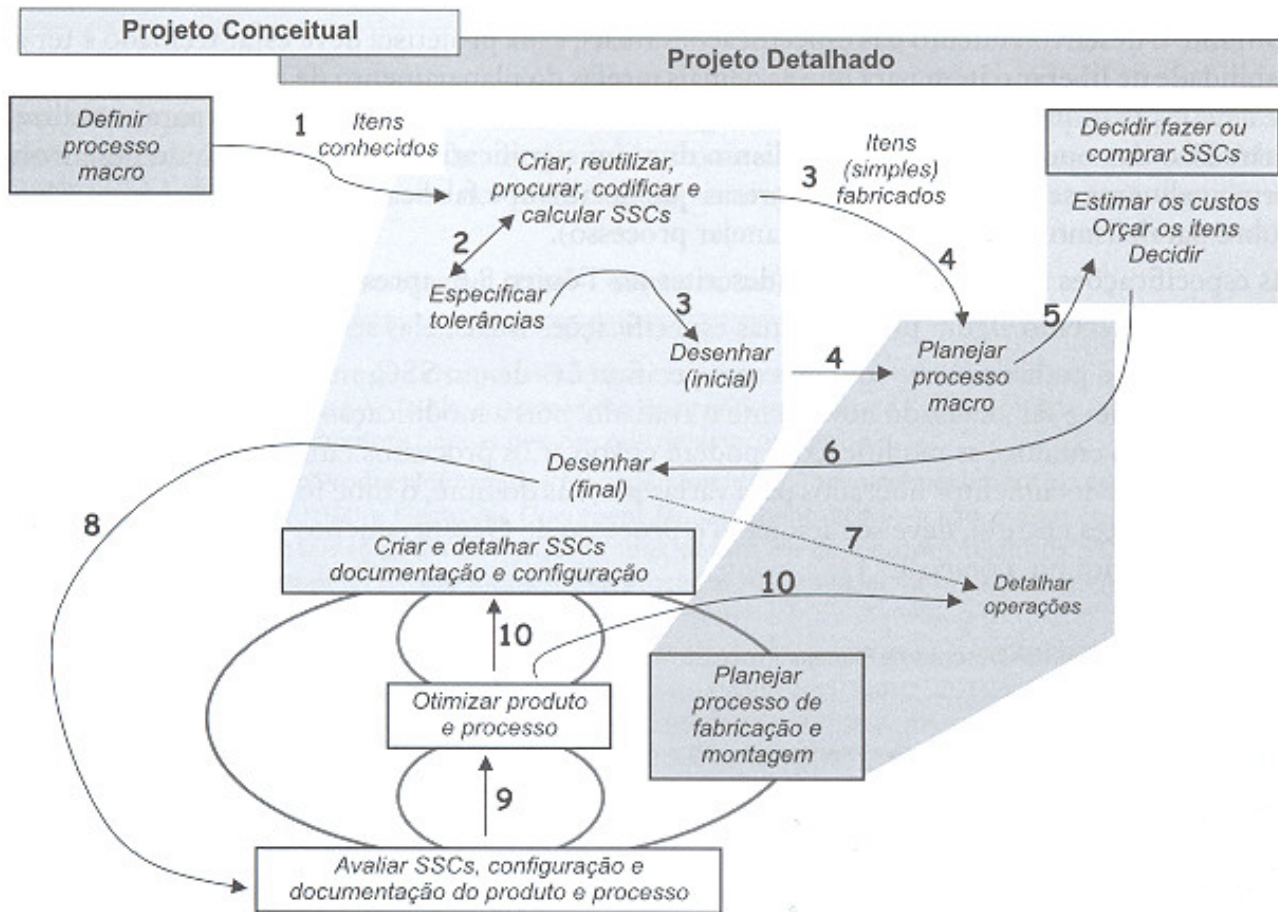
A definição do plano macro, durante a fase de projeto conceitual, é mais utilizada para os itens conhecidos. Para os novos SSCs, que são criados somente na fase de projeto detalhado, a primeira definição dos processos acontece nessa atividade. Enquanto os itens são inicialmente detalhados nos sistemas CAD, pode ocorrer a especificação do plano de processo macro. Novamente, enfatiza-se que deveria se utilizar um sistema integrado para que a definição dos processos não seja perdida durante o processo. É o momento de aplicar sistemas CAPP (veja o Quadro 8.21, sobre CAPP).

Esta atividade ocorre simultaneamente ao detalhamento dos documentos

Observe novamente na Figura 8.3 a dependência desta atividade na fase de projeto detalhado e vamos também recordar os ciclos de detalhamento da Figura 8.2. Esta atividade acontece de forma simultânea à criação e detalhamento dos SSCs. O paralelismo dessas atividades do projeto detalhado é uma das características da Engenharia Simultânea, descrita no Quadro “O que É Engenharia Simultânea” do Capítulo 2. Esse paralelismo traz um ganho enorme, mas o processo deve

estar sistematizado e as pessoas do time, treinadas para realizá-las. A Figura 8.31 mostra uma visão mais detalhada do paralelismo entre essas atividades, descrito em seguida.

Figura 8.31 Sequência das atividades e tarefas no conceito de engenharia simultânea.



1. No projeto conceitual, o processo macro pode ter sido definido para alguns itens conhecidos, como discutido anteriormente.
2. Durante a criação dos itens, são definidas iterativamente suas especificações críticas e tolerâncias.
3. Para os itens mais simples, o processo macro é determinado nesta fase, caso ele já não tenha sido definido no projeto conceitual. Isso é feito somente para os itens que, neste momento, estão definidos como itens a serem fabricados, pois aqueles que serão comprados, como *commodities* ou outros SSCs, já foram anteriormente determinados. Entre esses itens fabricados, há aqueles que serão fabricados pela empresa e os que serão fabricados por terceiros, mas que agora são ignorados, pois a atividade de decisão de fabricar ou comprar não foi realizada.³⁸ Itens mais complexos precisam ser especificados mais detalhadamente, desenvolvendo-se, na maior parte das vezes, o seu desenho inicial, pois somente com as especificações iniciais não se consegue determinar os seus processos.
4. É criado o plano macro, no qual são determinados os principais processos. Às vezes, já se consegue definir as operações principais e quais máquinas ou equipamentos serão utilizados. Em alguns casos, já ocorre uma determinação dos tempos necessários, para se poder levantar o custo interno de fabricação, como mostrado anteriormente.
5. Realiza-se então a atividade de decidir comprar ou fabricar, para se ter certeza quais os itens que serão fabricados pela própria empresa (veja o Tópico 8.4).

³⁸ Embora, na apresentação sequencial do livro, esta atividade esteja posicionada após a atividade de decidir fazer ou comprar, devemos ter em mente o ciclo de aquisição paralelo ao ciclo de detalhamento.

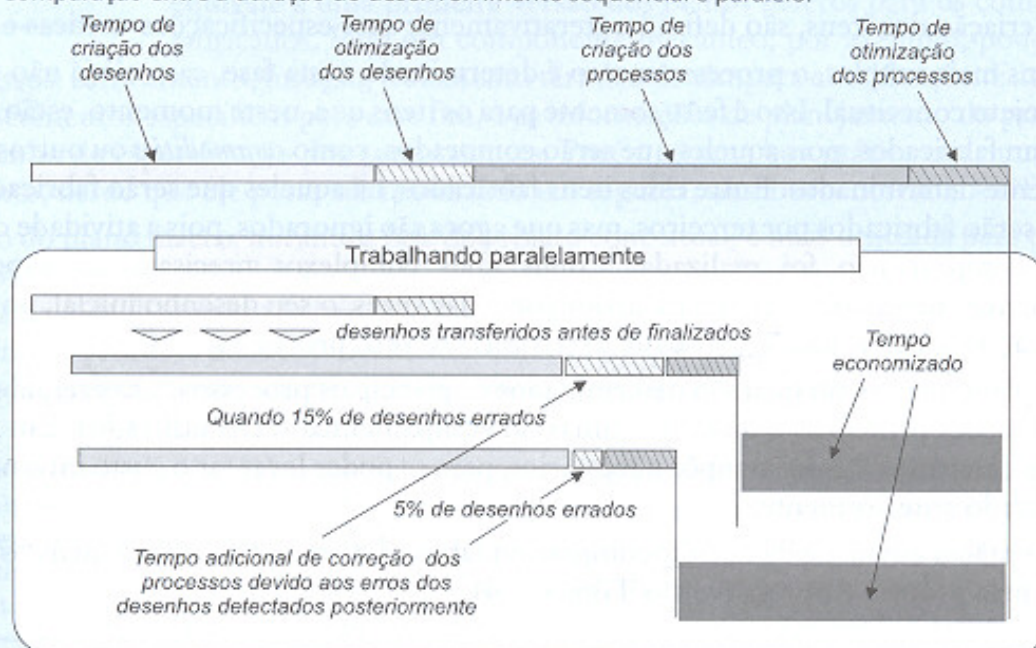
6. Em seguida, as especificações finais dos SSCs serão determinadas. São as tarefas finais da atividade de criação e detalhamento dos SSCs. As tolerâncias dimensionais são resultantes do processo de fabricação, que, por sua vez, depende do formato e funcionalidade do componente. As operações críticas resultam nas especificações críticas dos componentes (observe a Figura 8.9, na qual essas informações estão relacionadas).
7. Durante o desenvolvimento das especificações finais, cada projetista deve estar treinado e ter a responsabilidade de liberar o item para que as demais tarefas do planejamento de processo fluam. Ou seja, não se deve esperar que todas as tarefas de detalhamento do item estejam encerradas para se realizar o detalhamento das operações. Esse paralelismo diminui significativamente o tempo de desenvolvimento, principalmente se considerarmos empresas que detalham e fabricam muitos itens (veja o Quadro 8.17 sobre paralelismo entre desenhar e planejar processo).
8. As especificações finais são avaliadas (descritas no Tópico 8.8, apresentado à frente).
9. Caso seja detectado algum problema nas especificações finais, elas serão modificadas.
10. A modificação pode envolver somente as especificações de um SSC, mas, mesmo nesses casos, o plano de processo deve ser analisado novamente e avaliado, pois a modificação pode resultar em mudanças no processo. No entanto, as modificações podem envolver os processos também. Toda vez que surgirem mudanças em documentos liberados para várias pessoas do time, o time for grande e /ou as pessoas estiverem distantes entre si, deve ser acionado o processo de Gerenciamento de Mudanças de Engenharia (ECM) descrito no Tópico 13.1.

Quadro 8.17 Paralelismo entre Desenhar e Planejar Processo

Alguns críticos do processamento paralelo entre desenhar e planejar o processo dizem que liberar desenhos antes de sua aprovação final é desperdiçar recursos. No entanto, um time de desenvolvimento bem preparado, que trabalha com qualidade e utilizando as ferramentas e métodos apropriados não deve produzir documentos que precisam ser modificados com muita frequência.

Vamos imaginar que, no começo da aplicação de engenharia simultânea, 15% dos desenhos precisam ser modificados de tal forma após a sua avaliação, que afetariam os planos de processos já elaborados. Nesses casos, 85% do trabalho realizado paralelamente estaria aprovado e somente 15% deveria ser refeito, e, ainda assim, refazer não leva o mesmo tempo de um desenvolvimento completo (veja a ilustração da Figura 8.32).

Figura 8.32 Comparação entre a duração do desenvolvimento seqüencial e paralelo.



(continua)

Quadro 8.17 Paralelismo entre Desenhar e Planejar Processo (*continuação*)

Com o tempo, a qualidade do time melhora e a taxa de desenhos que precisam ser refeitos diminui, digamos para 5%. É claro o ganho resultante do paralelismo entre as atividades de detalhamento dos SSCs e o planejamento de processo.

Um problema que pode surgir, trabalhando-se com engenharia simultânea, é garantir a integridade entre as informações interdependentes. Normalmente, a aplicação de sistemas de informação como o PDM ou EDM garante essa integridade, como mostrado no quadro sobre sistemas PDM e EDM.

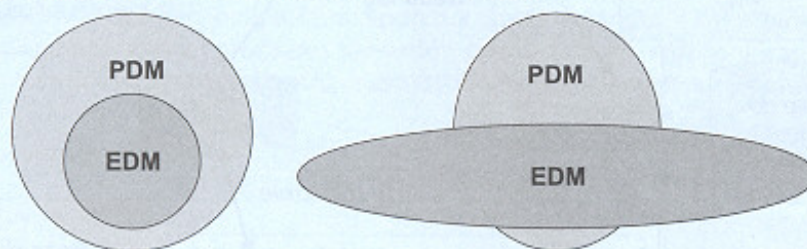
Quadro 8.18 Sistemas Product Data Management (PDM — Gestão de Dados de Produto)

PDM é uma tecnologia de *software* que visa gerenciar todas as informações e processos relativos ao ciclo de vida de um produto. A tecnologia PDM propõe-se a explorar ao máximo os benefícios da Engenharia Simultânea, controlando a informação e distribuindo-a sistematicamente para as pessoas que dela necessitam.

Várias nomenclaturas — como Product Information Management (PIM), Technical Document Management (TDM), Technical Information Management (TIM) e Electronic Document Management (EDM) — são usadas com significados semelhantes. Porém, todos esses sistemas podem ser classificados dentro de dois grupos distintos: PDM e EDM. Sistemas Electronic Document Management (EDM) são todos aqueles focados no gerenciamento de documentos, podendo ou não estar relacionados à engenharia.

Alguns autores tratam o EDM como um subconjunto do PDM, e outros consideram que o EDM possui uma abrangência horizontal maior (mais funcionalidades genéricas para tratamento da informação). O PDM utilizaria as funcionalidades do EDM direcionadas para as informações de engenharia, mas, na verdade, elas estão voltadas para o gerenciamento do produto e de seus itens, possuindo assim funcionalidades especiais, como controle da Estrutura de Produto (BOM — veja Quadro 8.14) e controle das mudanças de engenharia (Figura 8.33).

No Brasil, o termo Gestão Eletrônica de Documentos (GED) é o mais utilizado para denominar sistemas EDM. No quadro sobre GED, são apresentadas as funcionalidades desses sistemas. Existe uma grande superposição entre essas soluções, como está explicado no quadro sobre sistemas PLM.

Figura 8.33 Visões alternativas sobre o relacionamento entre PDM e EDM.

PDM: Product Data Management

EDM: Eletronic Document Management

EDM é mais conhecido no Brasil como GED (Gestão Eletrônica de Documentos)

Funcionalidades

As funcionalidades de um sistema PDM podem ser divididas basicamente em gerenciamento de dados do produto e gerenciamento do processo. O gerenciamento de dados do produto abrange o controle da estrutura de produto, classificação de componentes e classificação de documentos. O gerenciamento do processo inclui todas as funcionalidades relativas ao fluxo de trabalho, como o processo de aprovação de um produto e de modificação de engenharia (veja o Quadro 13.2, sobre *workflow*).

As funções de um sistema PDM podem ser divididas em funções de usuário e funções complementares, como descrito a seguir:

(*continua*)

Quadro 8.18 Sistemas Product Data Management (PDM — Gestão de Dados de Produto) (continuação)**Funções do usuário**

Gerenciamento do ciclo de projeto: controla a criação e aprovação de documentos e partes do produto, a circulação (por meio de *workflow*), segurança e o acesso aos dados, relacionamento entre os dados, *checkin* e *checkout*;

Alterações de engenharia: sistematização do Processo de Modificações de Engenharia (ECM), controle de versões e revisões;

Estrutura de Produto (BOM): controla a estrutura, seus itens, controle de versões, *status* e documentos associados;

Classificação: sistema de identificação e classificação de componentes e ferramentas de buscas rápidas e recuperação de informações;

Gerenciamento de projetos: funções de planejamento e controle de projetos, controle de prazos e alocação de recursos (veja o Quadro 5.1, sobre sistemas de gerenciamento de projetos).

Funções complementares

Comunicação: viabiliza a comunicação e notificação entre os usuários, e mantém interface com o sistema de e-mail;

Transferência de dados: mecanismos de troca de dados entre os usuários do sistema, e entre diferentes aplicativos;

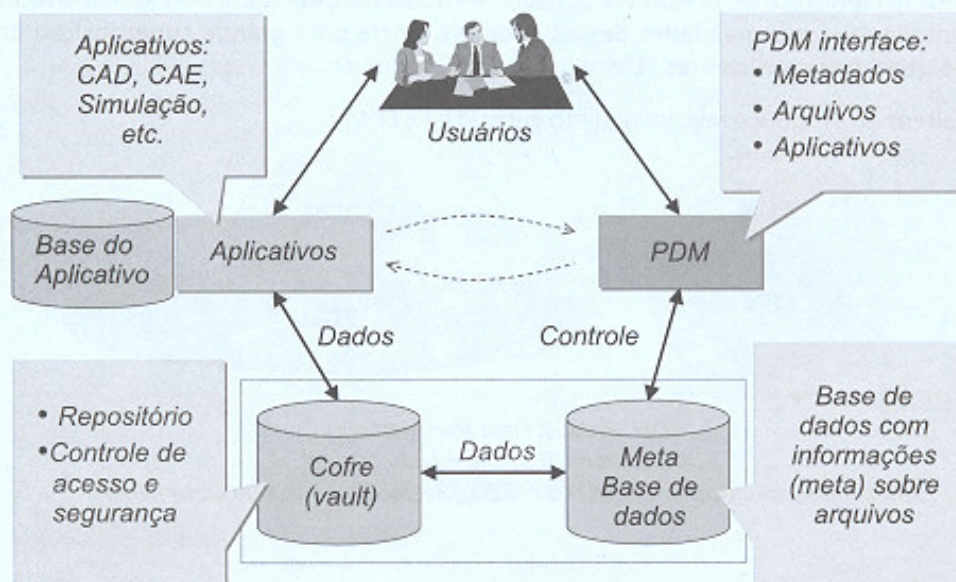
Visualização: mecanismos de visualização rápida de imagens e *redlines* (anotações eletrônicas) sem a necessidade de executar o aplicativo de origem;

Administração: configuração e customização, controle de usuários, administração do sistema.

Estrutura de um Sistema PDM

Existe uma grande variedade de sistemas PDM disponíveis no mercado. Eles podem se diferenciar em vários aspectos, como no domínio de aplicação, arquitetura do sistema, abrangência de funcionalidades, preço etc. Porém, a maior parte deles utiliza os mesmos princípios para gerenciar as informações.

A Figura 8.34 mostra esquematicamente a estrutura de um sistema PDM, seguida pela descrição de seus principais elementos.

Figura 8.34 Estrutura de um sistema PDP.

Vault (cofre): o *vault* é o local onde os arquivos gerenciados ficam armazenados. É a parte do sistema que garante a segurança das informações e o controle de acesso dos usuários.

Metadados: além do *vault*, o sistema possui uma base de dados com metadados (informação sobre a informação). Esses dados são informações sobre os arquivos, que permitem que eles sejam gerenciados. Alguns exemplos de metadados são: descrição do arquivo, autor, identificação do item, data de criação etc.

Quadro 8.18 Sistemas Product Data Management (PDM — Gestão de Dados de Produto) (continuação)**Modo de funcionamento**

O sistema PDM pode ser a interface única de acesso aos dados e aplicativos de engenharia. O usuário pode também acessar diretamente o aplicativo e armazenar o resultado do seu trabalho na base de dados do seu aplicativo. Mas, quando desejar compartilhar essas informações (ou mesmo acessar as informações liberadas por outras pessoas), ele deve utilizar as funcionalidades do PDM para arquivar o resultado de seu trabalho no cofre ou retirar uma informação disponível no cofre.

As outras funcionalidades de gestão do projeto seriam acionadas por meio do PDM diretamente. Porém, atualmente, os sistemas de gestão de projeto (veja o Quadro 5.1) possuem funcionalidades de PDM.

Para obter as informações de forma eficiente, é necessário que o sistema PDM esteja integrado aos aplicativos que geram as informações.

A interface de sistemas PDM é geralmente gráfica e permite que o usuário acesse as informações disponíveis rapidamente, na forma de imagens, tabelas e gráficos.

Solução ideal

A solução ideal e amplamente aceita não existe. A tendência é o usuário ter acesso a todos os objetos que ele deseja manipular via portal da empresa. O portal se encarregaria de acionar o sistema mais apropriado, que processa a informação desejada, cumprindo a tarefa acionada (veja discussão no Quadro 8.30 sobre sistemas PLM).

Benefícios

- Integridade das informações
- Base única de dados técnicos
- Redução de custos (eliminação de tarefas improdutivas)
- Redução de time-to-market
- Redução do número de alterações de engenharia
- Preservação do acervo técnico
- Reutilização sistemática das informações existentes
- Aumento da produtividade do pessoal

Características da implantação

O maior problema que envolve essa tecnologia, impedindo sua rápida expansão, é a dificuldade do processo de implantação dos sistemas PDM. Geralmente, esses processos são lentos, caros e exigem uma significativa adaptação técnica e cultural da empresa. Entretanto, muitos casos de sucesso estão mostrando que os benefícios de um sistema em funcionamento justificam sua utilização.

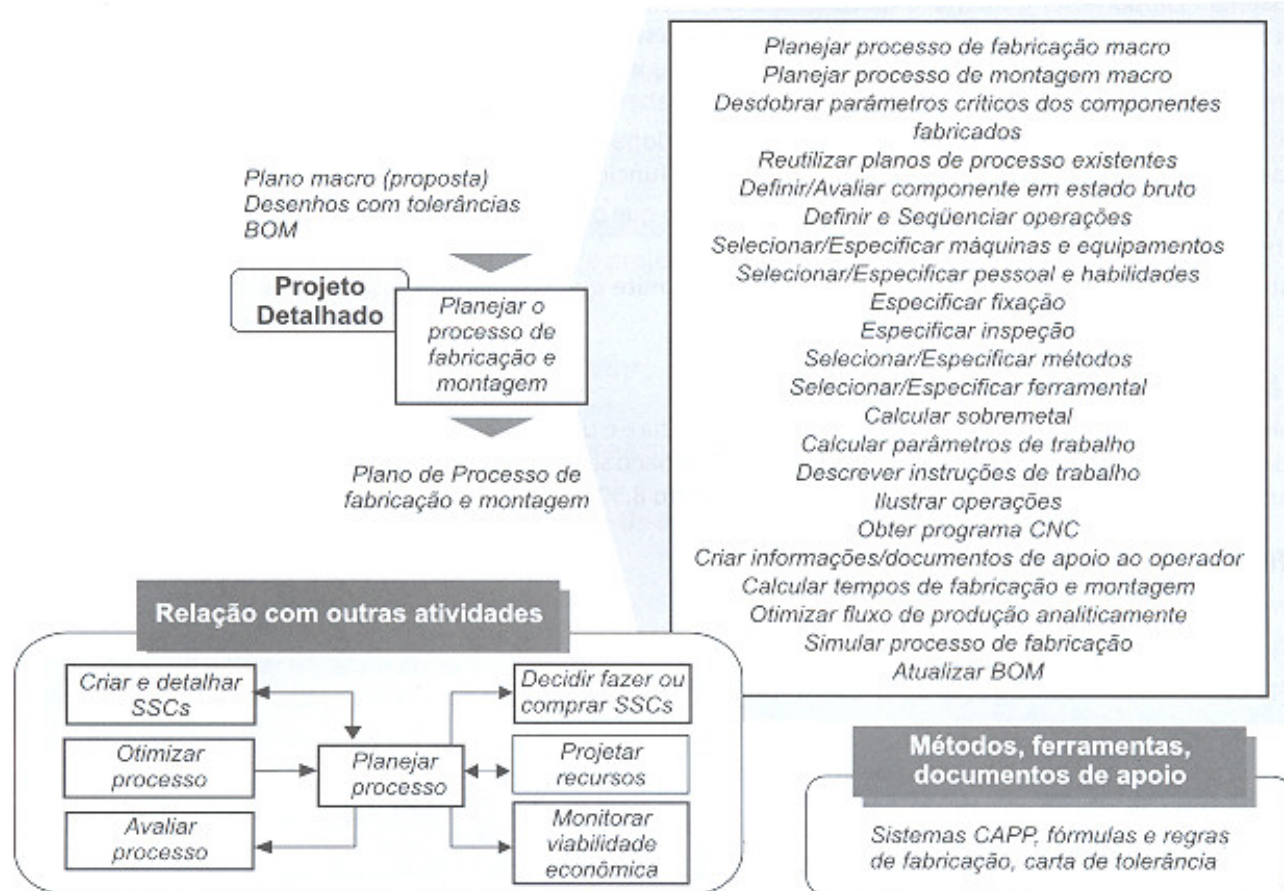
Leia mais sobre este assunto em OMOKAWA, 1999.

Há um conjunto de funções desses sistemas PDM que são de *workflow*, mas também estão presentes em outros tipos de sistemas e são essenciais para manter uma troca estruturada de informações entre parceiros de um mesmo time. Principalmente, se esses parceiros estiverem distribuídos geograficamente e tiverem um elevado grau de interatividade e colaboração. Essa tecnologia é conhecida como *workflow* e está descrita no Quadro 13.2 do Capítulo 13.

Graças à tecnologia de *workflow*, consegue-se realizar os ciclos descritos na Figura 8.31, possibilitando o paralelismo entre as atividades de detalhamento (veja o Quadro 8.17). Por exemplo, quando a informação de origem for modificada, é por meio desta tecnologia que se pode avisar automaticamente todos os interessados. No exemplo de engenharia simultânea, do Quadro 8.17, imagine que um dos desenhos reprovados deu origem a muitas informações de processo. A ligação lógica entre esses tipos de documentos é a condição para se saber que todos os usuários da informação precisam ser informados da mudança. O controle de versões do PDM/ECM desatualiza todas as informações dependentes, e o *workflow* envia as mensagens e a nova informação, de acordo com a sua configuração.

Vamos agora conhecer as tarefas desta atividade, que estão listadas na Figura 8.35.

Figura 8.35 Tarefas da atividade de planejamento de processo.



Primeiro, procuraremos reutilizar o que já existe para economizar

Primeiro, procura-se reutilizar os planos de processos existentes, uma vez que a economia, assim obtida, pode ser significativa.³⁹ Para tanto, é preciso que haja na empresa uma sistemática de armazenamento dos documentos, permitindo que se encontrem planos de processos similares que podem ser reutilizados, assim como a tarefa de reutilizar itens, descrita no início do Tópico 8.3, “Criar e detalhar SSCs, documentação e configuração”. A classificação dos itens, realizada na atividade de criação e detalhamento dos SSCs, é uma condição para que se possam recuperar as informações nesta tarefa. Seu sucesso determina o método amplo de planejamento de processo (veja o Quadro 8.19). A partir da recuperação de um plano de processo existente, a sua modificação segue as tarefas descritas a seguir.

Quadro 8.19 Métodos Amplos de Planejamento do Processo Tradicional (Manual)

A existência de um plano de processo que foi recuperado determina o método de planejamento de processo. Os métodos de planejamento de processo podem ser classificados em generativo e variante.

O método generativo é empregado normalmente para novos itens, quando o processista não consegue reutilizar planos antigos e inicia o planejamento sem referência alguma. Ele parte da análise do desenho e das tolerâncias, e realiza as tarefas

(continua)

³⁹ Este método de planejamento de processo é conhecido como planejamento variante. Em algumas empresas, nas quais componentes similares são sempre produzidos, pode-se economizar até 60% do tempo com o planejamento variante.

Quadro 8.19 Métodos Amplos de Planejamento do Processo Tradicional (Manual) (continuação)

de planejamento, utilizando o conhecimento sistematizado, regras e fórmulas para a definição das informações e cálculos necessários.

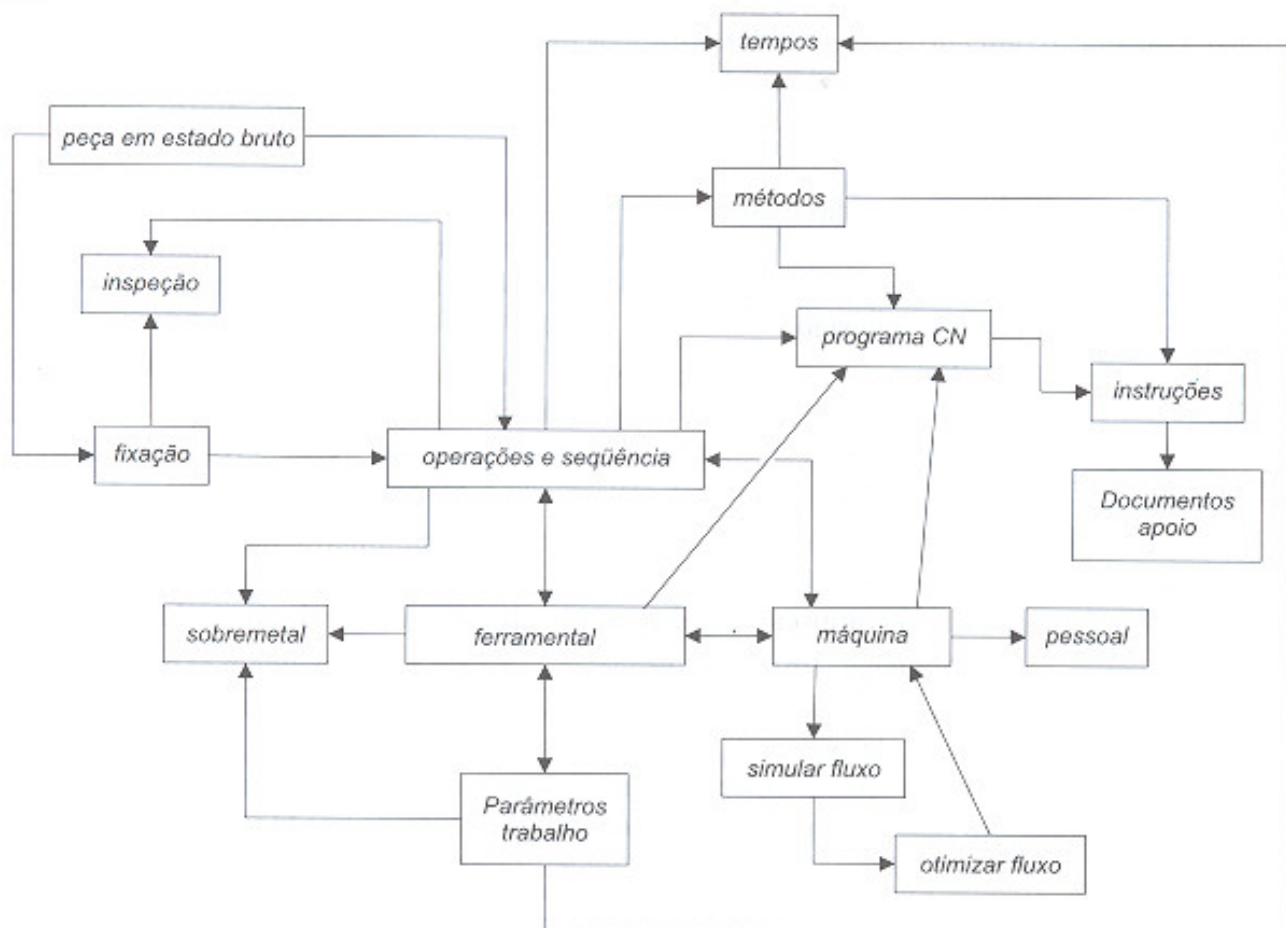
No método variante, o processista consegue reutilizar o plano de processo e detalhamentos existente, que foi realizado para um item semelhante. Com base nesse plano, ele cria outro, para o novo item. Ou seja, ele modifica o plano existente, aumentando assim a sua produtividade. Outra maneira de realizar o planejamento variante é por meio dos planos-padrão. Normalmente, esse método de planejamento só é possível de ser realizado quando a empresa produz itens organizados em famílias de peças, e quando foram criados planos-padrão para essas famílias. Na tarefa de reutilização de planos existentes, a classificação do novo item leva a se encontrar a família para a qual existe, nesses casos, um plano-padrão.

A diferenciação desses métodos passa a ter um interesse maior quando se automatiza a atividade de planejamento (veja o Quadro 8.21, sobre sistemas CAPP, no final deste tópico).

Normalmente, o planejamento do processo não acontece de forma linear. As informações obtidas possuem uma interdependência. Um processista experiente realiza a maior parte das inferências de forma aleatória, ou seja, utilizando uma lógica específica, que leva em consideração o tipo de peça, as condições de trabalho, sua experiência etc. Somente no momento da documentação dos resultados (edição do plano de processo) é que ele segue uma seqüência linear. Mesmo assim, existem muitas variações. Para peças mais complexas, é comum se ver o processista “ficar olhando” para a peça durante horas, antes de começar a editar o plano de processo. A Figura 8.36 procura apresentar a interdependência entre essas tarefas. Não vamos descrever essas interdependências, pois é um processo complexo de raciocínio e diferente para cada processista. Colocamos essa figura para ilustrar a dificuldade que existe em sistematizar essas tarefas.

O raciocínio no planejamento não acontece de forma linear

Figura 8.36 Interdependência entre as tarefas de planejamento de processo.



As descrições das tarefas, mostradas a seguir, estão relacionadas ao plano de processo de fabricação mecânica. No final desta seção, serão apresentadas algumas particularidades para outras tecnologias e do plano de processo de montagem.

Definição e/ou avaliação da peça em estado bruto

Uma das tarefas é a definição e/ou avaliação da peça em estado bruto, que normalmente já vem definida do projeto. Nesse caso, durante o planejamento do processo, verifica-se se o sobremetal existente entre a peça em estado bruto e a peça final é suficiente para que cada operação retire material suficiente. Porém, se só vier especificada a matéria-prima da peça, o planejamento de processo determinará a forma mais apropriada. Essa função é muito importante na fabricação de grandes lotes, nos quais as peças em estado bruto são forjadas. Nesses casos, procura-se atingir uma máxima capacidade de produção por meio da menor taxa de remoção possível de cavaco. Ressalta-se que, apesar de ser uma das tarefas iniciais, ela depende das demais tarefas para se calcular com precisão o sobremetal. Devido a isso, essa tarefa também é realizada novamente após a definição de todas as operações e seus sobremetals intermediários.

Determinação das operações e sua seqüência

A determinação das operações e sua seqüência é uma tarefa determinante para a definição das outras informações do plano de processo, mas ela também depende das demais informações (veja a Figura 8.36). Ela deve estar em consonância com a seqüência de processos de fabricação, definida nas fases anteriores, e também com o plano de processo macro existente. São as operações que fornecem ao componente suas características e funcionalidades desejadas por meio da obtenção das especificações críticas, que podem ser as dimensões ou outras características físicas e suas tolerâncias. O que limita a especificação das operações e sua seqüência são os fatores econômicos, pois se deseja sempre obter um componente com o menor custo possível.

Selecionar/Especificar máquinas e equipamentos

A definição da máquina ou equipamento, que realiza uma operação, e a própria determinação da operação estão intimamente ligadas, pois as duas tarefas de planejamento do processo são realizadas praticamente em conjunto, e uma não existe sem a outra. As tolerâncias das especificações críticas do componente definem quais máquinas e equipamentos podem ser utilizados. A informação sobre o equipamento necessário é muito importante para se planejar a produção (em curto prazo) e definir novos investimentos (em longo prazo). A informação sobre equipamento determina o posto de trabalho para a programação da produção. Os custos-padrão de cada posto de trabalho contribuem para o cálculo do custo de fabricação da peça (utilizado na atividade de decidir comprar ou fabricar).

Caso a operação seja feita em máquinas existentes na empresa, ela é simplesmente selecionada de uma base de dados e especificada no plano de processo. Se a máquina não existir, pode-se partir para sua especificação e compra (se for encontrada no mercado) ou especificação, projeto e fabricação (no caso de máquinas especialmente desenvolvidas para o SSC em questão).

Selecionar/Especificar pessoal e habilidades

Deve-se contar com pessoal qualificado para operar a máquina ou equipamento especificado. Isso é especialmente importante para quando existir uma dependência em relação à habilidade do operador. Esse é o caso mais freqüente nas operações de montagem.

Especificar fixação

A forma como se posiciona e fixa o componente na máquina ou equipamento determina a qualidade da operação de fabricação, pois, a partir dos sistemas da referência do componente, obtêm-se todas as cotas e tolerâncias.

Especificar inspeção

No planejamento de processo, também se determinam as operações de inspeção que são realizadas durante o processo produtivo. Essas operações devem medir os parâmetros de processo que determinam as especificações críticas do componente e, portanto, avaliam a capacidade do processo.⁴⁰ Com base nessas operações de inspeção, são montadas as folhas de Controle Estatístico do Processo (CEP),⁴¹ que são utilizadas no momento de produção dos componentes.

⁴⁰ Veja o Quadro 9.2, sobre capacidade de processo.

⁴¹ As folhas de CEP também são mencionadas no Quadro 9.2, sobre capacidade de processo.

Na realização de todas as operações podem ser utilizados métodos de fabricação, fixação, inspeção e montagem. Esses métodos podem ter sido padronizados pela empresa ou mesmo por instituições normativas. Nesse caso, eles são selecionados durante o planejamento do processo. Há também a possibilidade de especificar novos métodos para a realização das operações citadas.

Selecionar/Especificar métodos

O processo de soldagem de precisão e alto risco é um exemplo típico de métodos padronizados e que precisam ser reutilizados no detalhamento de uma operação. O método e também o soldador (a pessoa que realizará a soldagem) precisam estar certificados.

O termo “ferramental” abrange os dispositivos de fixação, de inspeção e as ferramentas de produção, que podem ser especiais ou universais.

Selecionar/Especificar ferramental

A determinação do dispositivo de fixação é necessária para garantir a qualidade de fabricação. Em grandes séries, os dispositivos garantem também uma alta taxa de produção. Os dispositivos podem ser especiais, universais e modulares. Esses últimos são apropriados para os componentes de pequenas dimensões. Os dispositivos universais são aqueles que vêm como acessórios dos equipamentos, como: pinças, castanhas, cones etc. Os dispositivos especiais tomam bastante tempo do projeto e da fabricação, tornando-se muitas vezes o gargalo na fabricação de um lote de componentes (veja atividade descrita no Tópico 8.7). A determinação de dispositivos bem antes do planejamento de operações é um outro desafio da Engenharia Simultânea. Antes de se terminar o detalhamento das operações do plano de processo, deve-se ter uma boa noção das características do dispositivo para que ele possa ser especificado, projetado ou comprado antes de se produzir o lote piloto (veja a atividade “obter recursos de fabricação da fase de preparação da produção”, no tópico 9.2).

As ferramentas de inspeção envolvem o uso de ferramentas universais e também de ferramentas especialmente projetadas e fabricadas para a verificação de uma especificação crítica do componente resultante da fabricação.

A definição de ferramentas de produção está intimamente ligada à determinação de operações e influencia as demais funções do planejamento de processo, como cálculo dos parâmetros da operação e dos tempos de fabricação.

Sobremetal representa o volume de material retirado por uma operação e é calculado somente na produção de grandes lotes, pois cada milímetro que se economiza na usinagem de um componente representa muito quando multiplicado pela quantidade de componentes. O sobremetal que uma operação deve retirar deve permitir que sejam eliminados os erros da operação anterior e os da própria operação causados pela capacidade da máquina ou equipamento.⁴²

Calcular sobremetal

De forma geral, os parâmetros de trabalho compreendem os ajustes de máquinas e equipamentos, e as condições de usinagem, quando se tratar de processos de fabricação mecânica.

Calcular parâmetros de trabalho

O cálculo das condições de usinagem depende essencialmente da ferramenta utilizada e do material da peça. Outros fatores são o acabamento superficial do componente, potência disponível na máquina etc. Em empresas organizadas, o processista determina essas informações com base nas informações contidas nos catálogos dos fabricantes de ferramentas. Há também a possibilidade de calcular as condições de usinagem a partir de manuais de valores obtidos em ensaios de usinagem.⁴³ Em empresas maiores, que trabalham em alta série, o fabricante de ferramentas é consultado e realiza ensaios na própria empresa, com as condi-

⁴² Para uma consulta mais aprofundada sobre o cálculo de sobremetal, consulte THIMM, G.; BRITTON, G. A.; FOK; S. C., 2004. A carta de tolerância de fabricação é uma técnica utilizada para apoiar o cálculo de sobremetal.

⁴³ Um dos exemplos clássicos é o Machining Data Handbook, 1980. Os valores contidos nesses manuais, no entanto, foram obtidos em ensaios controlados, e dificilmente suas condições práticas são as mesmas, devendo então ser adaptados para cada realidade. Os fabricantes de ferramentas oferecem catálogos de seus produtos com a indicação de parâmetros de usinagem apropriados para cada tipo de operação. Esses catálogos servem para as aplicações normais. Eles possuem versão na *web* (veja <http://www.sandvik.com>). Em aplicações especiais, deve-se contatar o fabricante, para realizar ensaios na própria empresa, quando possível.

ções e materiais de trabalho, a fim de estabelecer as especificações necessárias. Podem acontecer muitos desvios devido à não-homogeneidade dos materiais envolvidos e à falta de conhecimento de processo.

Outros tipos de parâmetros de trabalho são calculados com base em padrões e usam a referência de ensaios práticos. Pode-se também obter as especificações críticas das operações, como resultado do desdobramento da função qualidade do componente.⁴⁴

Descrever instruções de trabalho

As instruções de trabalho são textos explicativos, cujo objetivo é mostrar detalhadamente ao operador como proceder na realização de uma operação, preparação da máquina ou equipamento, inspeção de um parâmetro de um componente e até mesmo de fixação do componente no dispositivo de fixação. Essa tarefa normalmente é repetitiva e ocupa bastante tempo do processista. Para minimizar esse desperdício de tempo, trabalha-se com textos-padrão predefinidos que são reutilizados na edição de novas instruções.⁴⁵ As instruções complementam as possíveis explicações existentes nos métodos-padrão adotados para a realização de diversos tipos de operações.

Ilustrar operações

Como se diz, “uma figura ilustra mais do que 100 palavras”. As instruções de trabalho podem ser complementadas ou mesmo substituídas por ilustrações de diversos tipos, como: croquis, desenho CAD, filmes, animações. Essa tarefa exige uma integração entre sistemas gráficos e sistemas CAPP.⁴⁶

Obter programa CN

Toda vez que uma operação for realizada em uma máquina CNC, deve-se obter o programa CN. Essa tarefa equivale praticamente à definição de operações, seu seqüenciamento e seleção de ferramentas, mas sua principal função é calcular o trajeto da ferramenta e especificá-lo em um formato particular da máquina CNC, na qual a operação será realizada.⁴⁷

Criar informações / documentos de apoio ao operador

As informações de detalhamento de uma operação, instruções, ilustrações devem ser registradas em documentos que, na maior parte das empresas, ficam ao lado dos postos de trabalho, contribuindo assim para a garantia da qualidade do trabalho. O formato desses documentos varia de empresa para empresa e precisa ser elaborado de forma que as informações sejam acessíveis para os operadores, preparadores de máquina etc.

Há atualmente vários casos de empresas que não colocam mais os documentos ao lado dos postos de trabalho, utilizam terminais gráficos e mesmo a *web*, que inclusive podem conter filmes que mostram, por exemplo, como se deve montar um equipamento. Deve-se, nesses casos, estudar qual o melhor formato para mostrar as informações do plano de processo e seus detalhamentos ao operador das máquinas e equipamentos.

Calcular tempos de fabricação e montagem

Os tempos de fabricação e montagem podem ser calculados por meio de diversos métodos. Um dos métodos utiliza padrões de movimentos e tempos elementares. Ele é mais apropriado para se calcular o tempo que envolve as pessoas.⁴⁸ Analiticamente, pode-se calcular o tempo gasto com a usinagem em função dos parâmetros de trabalho (especificamente, a velocidade de avanço) e do caminho a ser percorrido pela ferramenta.⁴⁹ Quando se trabalha em máquinas CNC, o tempo de fabricação pode ser calculado com certa precisão por meio da simulação do processo. Mas não podemos esquecer que o tempo de fabricação é somente um dos compo-

⁴⁴ Utiliza-se aqui o método QFD (veja o Quadro 6.5 correspondente) dentro do conceito de gerenciamento dos parâmetros críticos (veja o Quadro 8.10).

⁴⁵ Leia sobre textos-padrão no Quadro 8.21 sobre sistemas CAPP.

⁴⁶ Sistemas CAPP são os sistemas que apoiam o planejamento do processo (veja o Quadro 8.21).

⁴⁷ Pode-se automatizar o cálculo da trajetória da ferramenta por meio de sistemas CAD/CAM ou mesmo editores gráficos de programação CN. Para os tipos de métodos de programação CNC, consulte VEGA, 1993.

⁴⁸ Sobre cálculo de tempos elementares, consulte NIEBEL, 2002.

⁴⁹ Na teoria de usinagem dos metais, encontram-se fórmulas clássicas para calcular esses tempos. Para encontrar as fórmulas dos diversos processos de fabricação, consulte NIEBEL, 2002.

nentes do tempo-padrão da operação. A forma mais tradicional de calcular esses tempos é por meio do estudo de tempos em métodos baseados em cronometragem da operação. Esse método tem a desvantagem de se obter o tempo somente após a realização da operação. Na fase de projeto detalhado, necessita-se ter uma noção relativamente precisa do tempo, pois eles são utilizados na determinação da carga de máquinas e dos custos de produção.⁵⁰ A programação da produção utiliza ainda, em alguns casos, esses tempos.⁵¹

Com as informações das operações e máquinas ou equipamentos, pode-se analisar o fluxo da produção resultante da produção de um lote do produto em desenvolvimento, quando as máquinas já existirem. Nesse caso, deve-se verificar também os outros produtos e seus componentes que utilizam as mesmas máquinas. No caso de novas instalações, é mais simples avaliar o fluxo de produção. A otimização realizada nessa fase é analítica. Existem muitos algoritmos que podem ser usados.⁵² Uma outra possibilidade é aplicar ferramentas de simulação (veja o Quadro 8.20, sobre manufatura virtual). Na fase de preparação — depois que os equipamentos chegarem à empresa, ou no caso de instalações existentes — quando for fabricado o lote piloto, existe a possibilidade de otimizar o fluxo novamente de forma prática.

Na indústria automotiva, algumas montadoras adotam um padrão de qualidade, que exige de certos clientes o envio dos estudos de análise de fluxo de produção, para verificar se eles otimizaram o fluxo e assim diminuíram o custo de fabricação dos componentes que eles recebem.⁵³

O processo de fabricação pode ser simulado de diversas formas. Basicamente, o objetivo da simulação é antever os problemas das operações e tentar otimizar o processo. Pode-se simular desde o caminho da ferramenta de um programa CNC, como o fluxo de material em um processo de injeção plástica. Utiliza-se atualmente a realidade virtual no contexto mais amplo da manufatura virtual para se simularem os processos e, ao mesmo tempo, obter-se a sua visualização.

Otimizar fluxo de produção

Simular processo de fabricação

Quadro 8.20 Manufatura Virtual

Manufatura virtual é mais um dos termos que reúne várias tecnologias digitais utilizadas na área de manufatura e possui uma superposição com outros termos utilizados neste livro. Ela pode ser vista como um ambiente integrado para analisar alternativas de soluções digitais, que visam melhorar a tomada de decisão no que diz respeito à melhor alternativa.

A manufatura virtual oferece ferramentas para todas as fases do desenvolvimento de produtos, tratando principalmente do uso de sistemas de simulação e de realidade virtual. Os sistemas CAE (veja o Quadro 8.11) podem ser entendidos como um tipo de tecnologia de manufatura virtual.

(continua)

⁵⁰ Entenda-se aqui custos pré-determinados para a tomada de decisões gerenciais, e não custos contábeis. No entanto, os custos contábeis podem utilizar os padrões de tempos do plano de processo se eles forem confiáveis e se a empresa adotar o método de custo-padrão.

⁵¹ Os tempos utilizados na programação da produção (quando for o caso, pois em algumas empresas não se usam os tempos para se programar, principalmente se a empresa trabalhar com a filosofia da programação puxada — leia mais sobre produção puxada em WOMACK, 1996) podem ser diferentes daqueles utilizados para o cálculo do custo (leia mais sobre cálculo de custo em CROW, 1999). Quando se planeja a produção e define-se o *lead time* do componente, os tempos dos planos de processo devem ser acrescidos aos tempos de transporte do material entre as máquinas e os tempos de fila em uma máquina (leia mais sobre *lead time* em CORREA, 2001). Na programação fina da produção, utilizam-se os tempos dos planos de processo, adotando-se ainda uma política de superposição entre as operações (leia mais sobre programação fina da produção em CORREA, 2001). Na *lean production*, os tempos não são usados para a programação, mas para o cálculo do *takt time*, que define o ritmo de produção de uma célula de fabricação com base na demanda do cliente (leia mais no quadro sobre *lean production* e, em WOMACK, 1996, sobre o cálculo de *takt time*).

⁵² Veja no trabalho MOTHER uma lista de métodos de otimização de *layout*.

⁵³ Observe o manual do Plano de Aprovação de Peças de Produção (PAPP) da QS 9000, para submissão de peças aos clientes. HOYLE, 1997.

Quadro 8.20 Manufatura Virtual (continuação)

Hoje já é possível envolver um usuário no ambiente de trabalho futuro por meio da realidade virtual. Ele pode simular várias operações e concluir qual o melhor método e as soluções construtivas apropriadas. Imerso em um ambiente virtual, ele manipula objetos tridimensionais, permitindo análises mais intuitivas.

Os modelos de simulação contínuos e matemáticos ajudam a prever o comportamento de produtos (por meio de sistemas CAE). Esses modelos são conhecidos como protótipo virtual ou digital. Isso evita que protótipos reais sejam construídos e acelera o tempo de desenvolvimento. No caso do projeto de sistemas produtivos completos (projeto de fábrica — veja quadro correspondente), pode-se utilizar a simulação de eventos discretos, que representaria, por exemplo, as operações de manufatura de uma empresa metal-mecânica. Nesses modelos, podem ser integrados métodos estocásticos que mostram a variação de entradas e saídas, segundo leis da estatística. Com isso, os modelos e os sistemas provêm de respostas apropriadas para a análise e sua otimização. Os modelos de simulação estão ficando tão sofisticados que poderão ser usados em pouco tempo em sistemas de manufatura, simulando, em tempo real, o seu comportamento, com base em dados levantados por sistemas de controle. Assim, um problema poderá ser detectado momentos antes do seu aparecimento.

Hoje em dia, a maior dificuldade é ainda criar um modelo mais próximo da realidade, tanto para a realidade virtual quanto para a simulação.

Essas ferramentas estão ficando mais amigáveis e o processamento possível graças ao avanço do *hardware* e *software*. Com isso, o tempo de simulação diminui (quando existem regras matemáticas muito complexas) e a interatividade com o ser humano torna-se mais intuitiva. A maior parte das ferramentas de manufatura virtual não trabalha de forma integrada, e isso traz uma dificuldade adicional, que deve ser sanada com a evolução da tecnologia de informação.

Para obter maiores informações sobre este assunto, consulte PORTO, 2000.

Atualizar a BOM

Atualmente, a estrutura do produto contém não somente os SSCs, como também todas as operações do plano de processo dos componentes fabricados, operações de montagem dos sistemas e subsistemas, e a documentação associada a eles.⁵⁴ A tarefa de atualizar a BOM garante a criação de uma BOM única dentro da empresa (veja o Quadro 8.10, sobre tipos de BOM). Na Figura 8.38, pode-se observar o exemplo de uma BOM com os documentos do plano de processo associados a um item.

Planejamento de outros tipos de processos

As tarefas apresentadas tiveram sua ênfase no processo de fabricação mecânica. O planejamento dos processos de fabricação metalúrgicos e de fabricação de componentes eletrônicos injetados contém praticamente as mesmas tarefas. A diferença está nas ferramentas, máquinas e equipamentos utilizados; nos detalhes que são diferentes; e nas mudanças das características de processo e seus parâmetros. Por exemplo, não há o cálculo de sobremetal no processo de injeção plástica. Além disso, outros parâmetros são importantes, como a pureza da peça injetada.

Planejamento de operações de montagem

A maior diferença do planejamento de operações de montagem está na característica deste processo e seus parâmetros. Na montagem de subsistemas eletro-eletrônicos, existe uma grande possibilidade de automação, e a especificação das máquinas, na maior parte das vezes, é especial para cada caso. Em regra, todavia, as operações de montagem são realizadas com a intervenção de um operador, e o planejamento da montagem precisa considerar as particularidades de ergonomia e saúde no trabalho. As mesmas tarefas acontecem, mas são utilizados métodos distintos.⁵⁵

Pode-se aumentar a produtividade da realização dessas estratégias de planejamento de processo, realizadas de forma manual, por meio da aplicação de sistemas Computer Aided Process Planning (CAPP), como mostra o Quadro 8.21.

⁵⁴ No trabalho de OLIVEIRA, 1999, encontra-se uma apresentação completa dos tipos de estrutura de produto existentes.

⁵⁵ Sobre planejamento do processo de montagem, leia WANG, 1991.

Quadro 8.21 Sistemas Computer Aided Process Planning (CAPP)

A qualidade do planejamento de processo convencional depende da experiência do processista e dos métodos e ferramentas que ele utiliza.

Na forma convencional, o processista cria o plano de processo manualmente ou digitando em formulários de editores de texto. Essas informações são depois digitadas novamente em sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), como um sistema SCM/ERP (veja o Quadro 2.5). Em alguns casos, o processista digita diretamente as informações de processo nesses sistemas. Essa forma de planejar o processo de fabricação continua sendo empregada em várias empresas de manufatura. Contudo, esse modo de planejamento possui uma baixa produtividade, pois, em média, 63% do tempo é gasto com a redação e/ou digitação; 21% com cálculos diversos; e 8% com a recuperação de informações. Ou seja, 92% do tempo é empregado em funções que não agregam valor diretamente, e apenas 8% é utilizado em funções como concepção e análise.

No início do desenvolvimento de sistemas CAPP, pretendia-se automatizar totalmente a tarefa de planejamento e substituir o processista de uma empresa. Foi a época das primeiras aplicações práticas de inteligência artificial. Muitos desenvolvimentos eram teóricos, funcionavam em casos específicos e não eram utilizados pelas empresas, tornando-se acadêmicos. Com a evolução da tecnologia de interatividade homem-computador, aumento de padronização, facilidade de manipulação de base de dados e linguagens de alto nível e de produtividade, surgiram sistemas mais flexíveis. Foram criados sistemas com inteligência na medida correta, ou seja, toda a vez que o domínio de aplicação era restrito e fácil de obter as regras de negócio (neste caso de planejamento do processo), tornou-se possível a automatização.⁵⁶

Tipos de CAPP

Vimos que se pode realizar o planejamento de processo tradicional de duas formas: generativa e variante. Com o CAPP, aumentam as possibilidades, resultando nos seguintes métodos de planejamento:

Planejamento do Processo Generativo Interativo: o processista insere as informações de processo diretamente no computador, com base na escolha de padrões pré-cadastrados, por meio de uma interface amigável. Ele não precisa digitar textos longos ou explicativos para descrever uma operação. Além disso, se dois processistas digitassem, os textos seriam distintos. Neste método de planejamento, o processista escolhe o texto-padrão mais adequado para descrever a operação, e complementa o texto, quando necessário. A busca de padrão é ainda apoiada por uma classificação, ou filtros, que facilita a sua busca. Dessa maneira, o processista interage diretamente com o computador, digitando e encontrando menos dificuldade. Quando existir uma relação entre os padrões (por exemplo, a ferramenta "X" só pode ser utilizada na máquina "Y"), o processista não precisa navegar por muitas opções para escolher um padrão (no exemplo, a ferramenta). O sistema verifica o que já foi determinado e só apresenta para a seleção aqueles padrões que se relacionam com os já escolhidos (por exemplo, uma lista das ferramentas que podem ser utilizadas na máquina "Y").

Planejamento Generativo Automático: o princípio deste método de planejamento do processo é baseado no armazenamento de regras e dados de capacidade do processo de fabricação. Por meio dessas informações, é gerado um plano de processo sem a necessidade de uma pessoa experiente, pois os mecanismos de inferência, decisões, lógicas e algoritmos interpretariam os dados de projeto e tomariam as decisões sobre "como fazer". Esse é o caso mais completo de planejamento automático. No entanto, pode haver outras formas de planejamento automático, nas quais somente certas funções de planejamento são automatizadas (veja a seguir, "Planejamento Híbrido").

A representação das peças deve estar armazenada no computador de uma forma interpretável pelo sistema CAPP, para que ele realize inferências automáticas nas tomadas de decisão. A melhor forma de representação para a inferência automática são os *features* (elementos da peça com significado para a fabricação e representação gráfica associada — veja o Quadro 8.10, sobre sistemas CAD/CAE).

Planejamento do Processo Variante: parte da recuperação de um plano de referência, que é modificado, para se obter um novo plano. Neste tipo de planejamento, são utilizados planos-padrão ligados a famílias de peças ou planos semelhantes, que não requerem a formação de famílias de peças, proporcionando uma sistematização de curto período e investimento. É o mesmo princípio do planejamento variante do processo de planejamento tradicional, porém o computador fornece ferramentas poderosas de armazenamento de planos para posterior recuperação.

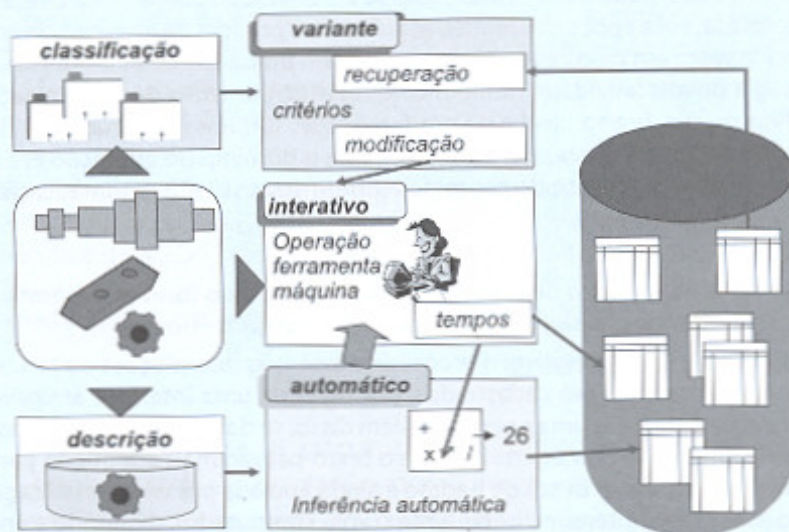
Os sistemas CAPP variante usavam, antigamente (alguns ainda utilizam), códigos de classificação de produtos para recuperar informações semelhantes, assim encontravam um plano de processo, a partir do qual criavam um novo plano para uma peça semelhante. Hoje os sistemas oferecem buscas mais flexíveis, que utilizam o poder das bases de dados, e recuperam produtos semelhantes, procurando em categorias de produtos similares, criadas interativamente na base de dados, sem a necessidade de um código de classificação.

(continua)

⁵⁶ Veja o exemplo de um caso de automação sobre medida em RIBEIRO, C. E. S.; KERRY, H. T.; PIEBER, E.; ROZENFELD, H., 1996.

Quadro 8.21 Sistemas Computer Aided Process Planning (CAPP) (continuação)

Planejamento Híbrido: como cada método apresenta vantagens e desvantagens, a conclusão natural é a de que a combinação desses métodos em uma solução híbrida pode conseguir os melhores resultados de cada um dos métodos. A solução híbrida permite a utilização das vantagens de cada método, em partes distintas, das funções de planejamento de processo. Para itens totalmente novos, que não possuam planos de processo semelhantes, inicia-se o planejamento por meio do generativo interativo e, em determinados pontos, pode-se requisitar que o sistema faça uma inferência automática (por exemplo, para cálculo de tempos, cálculo de condições de usinagem, geração de CN para um *feature* conhecido). Outros itens, de formato mais bem comportado, que apresentem uma certa repetição, podem ser mais bem planejados por meio do método variante (Figura 8.37).

Figura 8.37 CAPP híbrido.

Pode-se realizar também a geração de planos de processo de maneira totalmente automática, como no caso de peças que podem ser parametrizadas, por exemplo uma engrenagem, que pode ser descrita pelo seu passo de base, diâmetro primitivo, módulo etc. Nesse caso, o computador interpreta os parâmetros, realiza inferências na base de regras e fórmulas e gera automaticamente o desenho e o plano de processo, com seus detalhes.

Planejamento do Processo usando sistemas ERP e/ou SCM: os sistemas ERP/SCM (veja o Quadro 2.5) também trabalham com padrões, facilitando a edição inteligente, ou seja, em vez de digitarmos textos longos sobre operações ou instruções, trabalhamos com textos padronizados, com significados lógicos para os sistemas. Alguns sistemas ERP fornecem módulos denominados CAPP, que, na verdade, são processadores automáticos de regras e fórmulas. Eles podem ser utilizados na tarefa de planejamento de processo, mas também em outras tarefas, quando existirem regras confiáveis para automação do processo. É o caso típico do cálculo de tempos elementares para, por exemplo, prever-se o tempo de uma tarefa de montagem.

Sistemas CAPP parciais: há vários sistemas individuais voltados para automatizar funções específicas, como cálculo de tempos, condições de usinagem, seleção de ferramenta, desenho de ferramental específico etc. Esses sistemas podem ser considerados CAPP, apesar de cuidarem de tarefas específicas. Atualmente, é possível a sua integração em ambientes de planejamento mais amplos. Esta é mais uma vantagem dos sistemas híbridos.

Outras denominações e funcionalidades de gerenciamento integradas ao CAPP

Alguns fornecedores de sistemas CAPP aumentaram a abrangência de seus sistemas e passaram a oferecer outras funcionalidades, mudando inclusive a denominação do sistema para Manufacturing Process Management (MPM), Manufacturing Information Management (MIM), ambos como parte do Manufacturing Execution Management (MES), e também para Product Data Management (PDM) e Product Life-cycle Management (PLM). Essas funcionalidades visam a integração desses sistemas com os demais sistemas de engenharia e gestão, e envolvem: gerenciamento da Estrutura de Produto (BOM), funções de gestão de documento (*check in*, *check out*, visualização de representações gráficas, *workflow*). Veja o Quadro 8.18, sobre

(continua)

Quadro 8.21 Sistemas Computer Aided Process Planning (CAPP) (continuação)

sistemas PDM/EDM e Quadro 8.30, sobre PLM). As funções de planejamento de processo fazem parte agora de um diferencial desses sistemas, que os tornam “mais inteligentes”.

Benefícios reportados com o uso de sistemas CAPP

Redução do tempo de planejamento: um dos principais ganhos com a implantação do CAPP é o aumento da produtividade de planejamento do processo. Com isso, é possível elaborar os planos de processos com um número reduzido de processistas e em curto período de tempo.

Agilidade nas revisões: com o CAPP, cada operação do processo pode ser facilmente revisada. O histórico das revisões pode ficar armazenado em uma base de dados, possibilitando o acompanhamento de todas as modificações.

Padronização dos processos: o uso do CAPP pode permitir que todos os parceiros trabalhem com um modelo único de plano de processo, garantindo uma padronização da documentação de processos da fábrica, além de garantir a padronização dos termos adotados.

Criação de uma base única de processos: o CAPP permite a criação de uma base de dados única de processos, garantindo a integridade das informações registradas.

Possibilidade de analisar os processos existentes na base de dados com funções do tipo *where-used* (em qual operação determinado padrão foi utilizado, especificado). Assim, por exemplo, pode-se diminuir a multiplicidade de ferramentas.

Aumento da qualidade dos processos: com o uso do CAPP, pode-se adicionar outros tipos de informações aos planos de processos, além das informações descritivas. Assim, pode-se fazer uso de informações visuais por meio de fotografias, gráficos, desenhos ou outras instruções detalhadas do processo, como listas dos componentes montados em cada operação, instruções de controle e dispositivos necessários.

Existem ainda várias outras vantagens, por exemplo, a redução drástica de papel impresso, agilidade na elaboração e alteração de uma especificação de projeto, alta confiabilidade nos dados (por estarem automatizados com fórmulas de cálculos), definição de hierarquia para aprovação de projeto, entre outras. As conseqüências do uso de CAPP nas outras áreas da empresa são: diminuição de refugos, diminuição do custo de ferramentas, diminuição de *lead-time* e criação de padrões de engenharia.

Leia mais sobre este assunto em HALEVI, G.; WEILL, R. D., 1995.

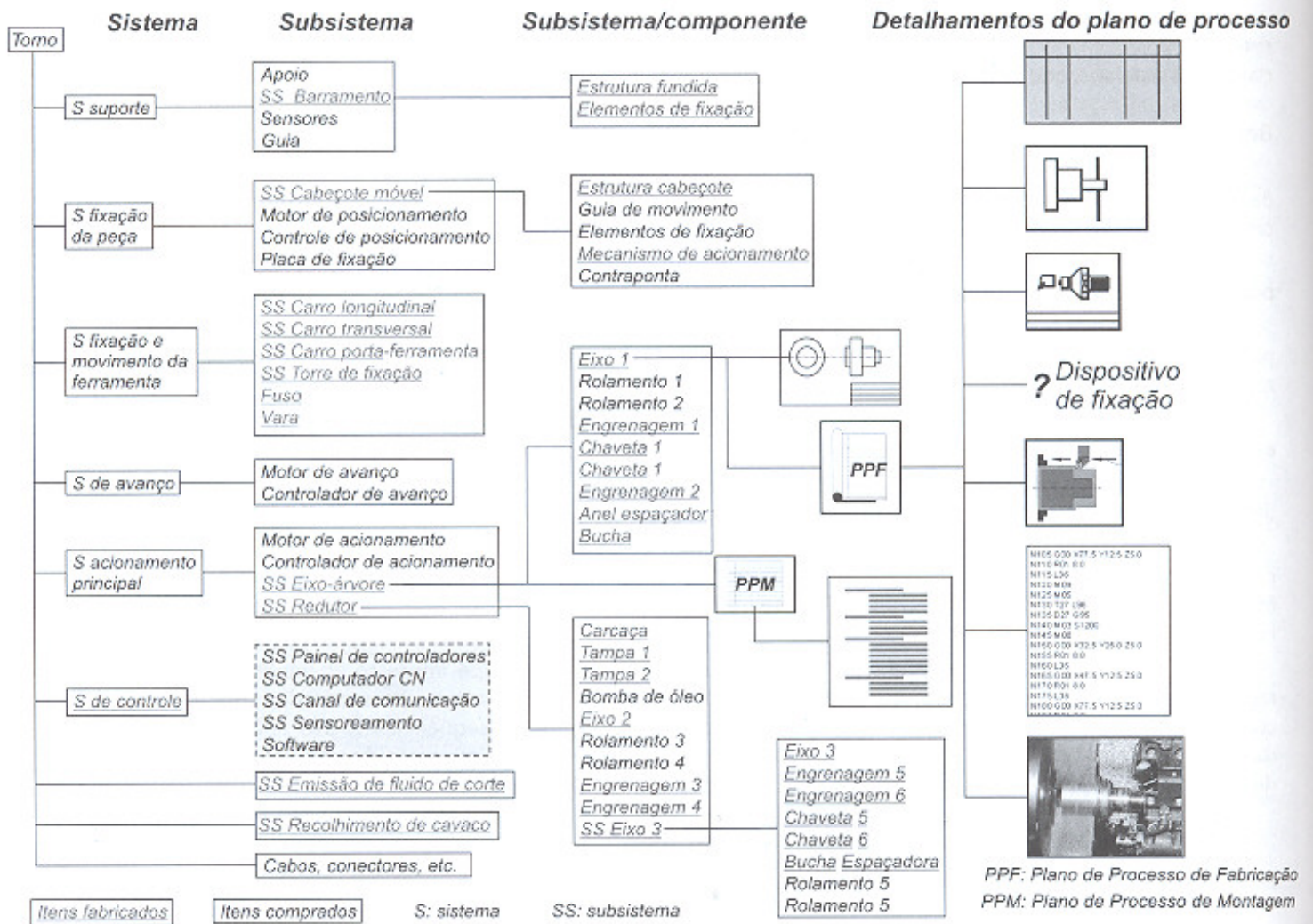
+ LD no 7

Na Figura 8.38, apresenta-se a estrutura do torno, com seus documentos associados, após a atividade de planejamento de processo. Mostramos o plano de processo somente de um componente, o eixo 1, que faz parte do subsistema do eixo-árvore. Podemos observar na figura, na seqüência de cima para baixo, os seguintes exemplos de detalhamento do plano macro: folha de instruções de preparação da máquina, gráfico de inspeção, folha de montagem da ferramenta, ilustração de uma operação, programa CN e uma foto ilustrando a fixação do eixo na máquina em trabalho. Parte desses detalhamentos listados relaciona-se com uma operação do plano macro. Isso quer dizer que o plano de processo do eixo possui ainda muitos outros documentos não representados na figura. Repare que, para o item-pai do eixo, o subsistema do eixo-árvore, foi criado um plano de processo de montagem, que indica a seqüência das operações de montagem, as estações de montagem, e o tempo de montagem. Além disso, foi colocado, a título de ilustração, um documento de instruções de montagem, relacionado com uma das operações.

Falta agora o projeto do dispositivo de fixação para inspeção. Ele já foi especificado e a sua identificação está criada na estrutura de documentos do plano de processo, mas ele ainda não foi projetado. Durante o seu projeto, descrito na próxima atividade, pode surgir a necessidade de atualização do plano de processo.

Situação do exemplo do torno após a finalização do processo

Figura 8.38 Exemplo do torno após a atividade de planejamento do processo.



8.7 Projetar recursos de fabricação

O que são recursos de fabricação?

Os recursos de fabricação compreendem: máquinas, equipamentos, ferramental e instalações. O termo ferramental, como já apresentado, abrange os dispositivos de fixação, de inspeção e as ferramentas de produção. Exemplos de ferramentas de fabricação são ferramentas de usinagem, moldes de injeção plástica, estampas de corte etc. Um dispositivo de fixação serve, por exemplo, para posicionar e fixar alguns componentes nas máquinas, como castanhas ou grampos de fixação. Uma ferramenta de medição — utilizada, por exemplo, na inspeção de uma especificação crítica de um componente durante a fabricação — pode ser um relógio comparador para avaliar a batida circular de um eixo. Um dispositivo para a mesma função pode ser um entre pontas, no qual o eixo girará para se verificar a batida. As instalações podem compreender uma instalação elétrica e hidráulica para o funcionamento de uma máquina ou até a construção de uma nova fábrica.

Recursos comprados ou fabricados⁵⁷?

Os recursos de fabricação podem ser universais e, portanto, comprados. Mas eles também podem ser especiais e, para isso, devem ser especialmente projetados. Na maior parte das vezes, as empresas também compram os recursos especiais. Dependendo do acordo comercial entre o fornecedor e a empresa, o projeto é realizado pelo próprio fornecedor (caso mais comum) ou pela empresa. Ela mesma pode de-

⁵⁷ Leia, no Tópico 9.4, sobre a obtenção de recursos de fabricação na fase de preparação da produção.