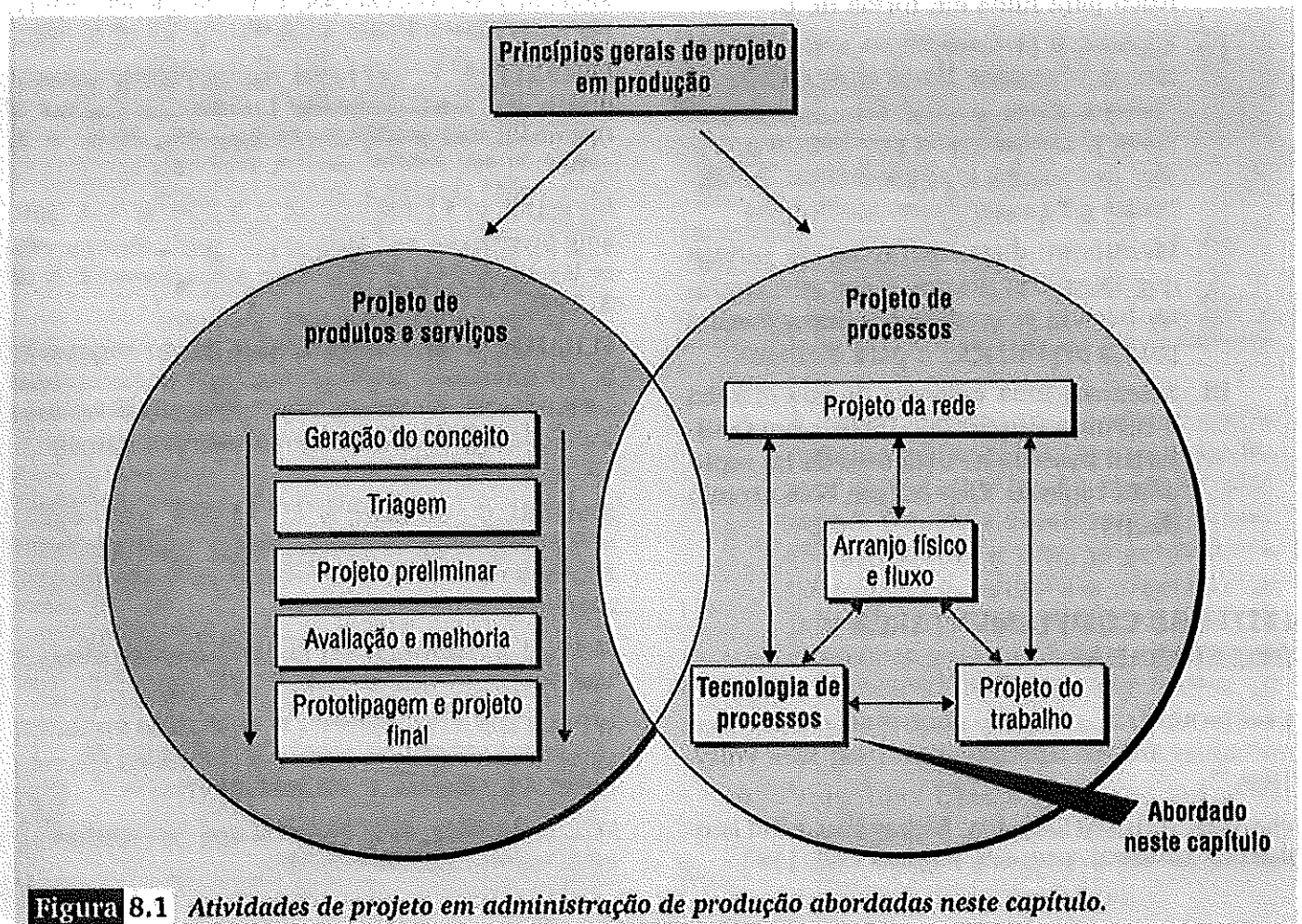


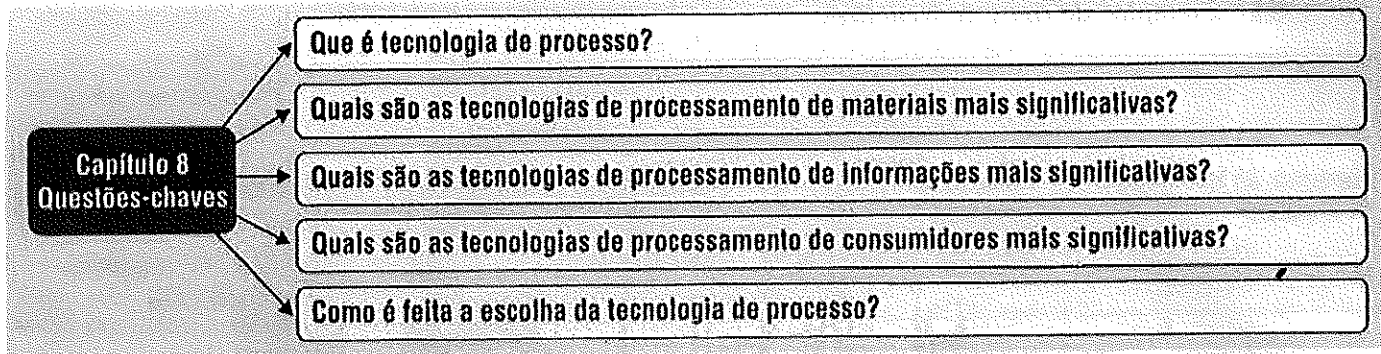
# Tecnologia de Processo

## INTRODUÇÃO

Todas as operações usam algum tipo de tecnologia de processo. Seja sua tecnologia de processo um humilde processador de texto ou a mais complexa e sofisticada das fábricas automatizadas, a operação terá escolhido usar a tecnologia porque espera tirar proveito dela. Algumas vezes, a tecnologia de processo ajuda a produção a atender uma clara necessidade do mercado; em outras ocasiões, torna-se disponível e uma opera-

ção escolhe adotá-la na expectativa de que possa explorar seu potencial de alguma forma, mesmo que ainda não de forma predefinida. Qualquer que seja a motivação, todavia, todos os gerentes de produção precisam entender o que as tecnologias emergentes podem fazer, que vantagens podem ser dadas e que limitações ela pode impor à operação produtiva. Este é o propósito deste capítulo. A Figura 8.1 mostra como as questões cobertas relacionam-se com o modelo geral de projeto de operações produtivas.





## QUE É TECNOLOGIA DE PROCESSO?

As tecnologias de processos são as máquinas, equipamentos e dispositivos que ajudam a produção a transformar materiais, informações e consumidores de forma a agregar valor e atingir os objetivos estratégicos da produção. Todos os processos produtivos utilizam tecnologia, desde o telefone barato e flexível até máquinas mais caras e especializadas, como os processadores integrados de correio (IMPs). Essas são máquinas usadas por centrais de correio que podem examinar e selecionar 30.000 cartas e cartões por hora, a um custo de aproximadamente dois milhões de euros cada máquina. Neste capítulo, discutiremos *tecnologia de processo* – as máquinas e dispositivos que *criam e/ou fornecem* bens e serviços – em contraponto à *tecnologia de produto*. Ordenhadeiras mecânicas, por exemplo, desempenham a tarefa de vários fazendeiros ao ordenhar e alimentar as vacas, liberando o leite para a próxima etapa do processo (veja o quadro sobre as ordenhadeiras mecânicas). Máquinas de tomografia computadorizada oferecem serviço que não pode ser desempenhado por pessoas, ao usar forças magnéticas para criar fotografia do tecido mole interno do corpo. Grandes complexos de entretenimento como a Disney World usam simuladores de voo a fim de criar a emoção de uma viagem espacial. Essa tecnologia, geralmente, envolve todo um compartimento, que é montado sobre suportes hidráulicos que movem o compartimento e as pessoas dentro dele. Esse movimento, combinado com projeções de tela, oferece uma experiência bastante realista. O uso dessa forma de tecnologia é uma das novidades de uma longa história de conquistas daqueles a quem a Disney Corporation chama de “imaginheiros” (engenheiros da imaginação), cujo papel é arquitetar experiências para seus clientes. Dispositivos de comu-

nicação, como máquinas de fax, telefones celulares, sistemas de rastreamento por satélite (GPS) e Internet, são outras tecnologias de processamento que criam e/ou fornecem bens e serviços aos consumidores.

Em manufatura, as tecnologias de processo são máquinas-ferramentas, normalmente computadorizadas, que dão forma ao metal, montam componentes eletrônicos em placas de circuito e montam todos os outros componentes de uma televisão, um videocassete ou uma secadora.

Algumas tecnologias são periféricas para a criação real de bens e serviços, mas desempenham papel central, *facilitando* o processo. Por exemplo, sistemas de computador que planejam e controlam atividades, sistemas de contabilidade e sistemas de controle de estoque podem ser usados para ajudar os gerentes e operadores a controlar e melhorar os processos produtivos.

Na próxima seção, examinaremos algumas tecnologias de processo que possuem importância particular para os gerentes de operações. Elas foram classificadas como processamento de materiais (operações de manufatura ou armazéns), processamento de informações (serviços financeiros, por exemplo) ou tecnologias de processamento de consumidores (operações como varejo, médico, hotel, transporte etc.) (veja a Tabela 8.1). A distinção é feita somente por conveniência, uma vez que as tecnologias mais recentes com capacidade de processamento maior de informação processam combinações de materiais, pessoas e consumidores. Essas tecnologias “integrantes” também são descritas na próxima seção.

## Gerenciamento de operações e tecnologia de processo

Os gerentes de produção estão continuamente envolvidos com o gerenciamento de tecno-

Tabela 8.1 Exemplos de tipos de tecnologia.

	Processamento de materiais	Processamento de informações	Processamento de consumidores
Exemplos de tecnologia de processo	Processadores de correio integrado Máquinas-ferramentas	Sistemas de telecomunicação Sistemas de rastreamento por satélite	Ordenhadeiras mecânicas Máquinas de tomografia computadorizada

logias de processo. Para fazer isso efetivamente, eles devem ser capazes de:

- articular como a tecnologia pode melhorar a eficácia da operação;
- estar envolvidos na escolha da tecnologia em si;
- gerenciar a instalação e a adoção da tecnologia de modo que não interfira nas atividades em curso na produção;
- integrar a tecnologia com o resto da produção;
- monitorar continuamente seu desempenho; e
- atualizar ou substituir a tecnologia quando necessário.

Os gerentes de produção não precisam ser *experts* em engenharia, computação, biologia, eletrônica, ou qualquer que seja a ciência principal da tecnologia. Eles precisam, entretanto, saber o suficiente sobre os princípios que embasam a tecnologia, para estarem confortáveis ao avaliar alguma informação técnica, ser capazes de lidar com os *experts* na tecnologia e confiantes o bastante para fazer as perguntas relevantes, tais como:

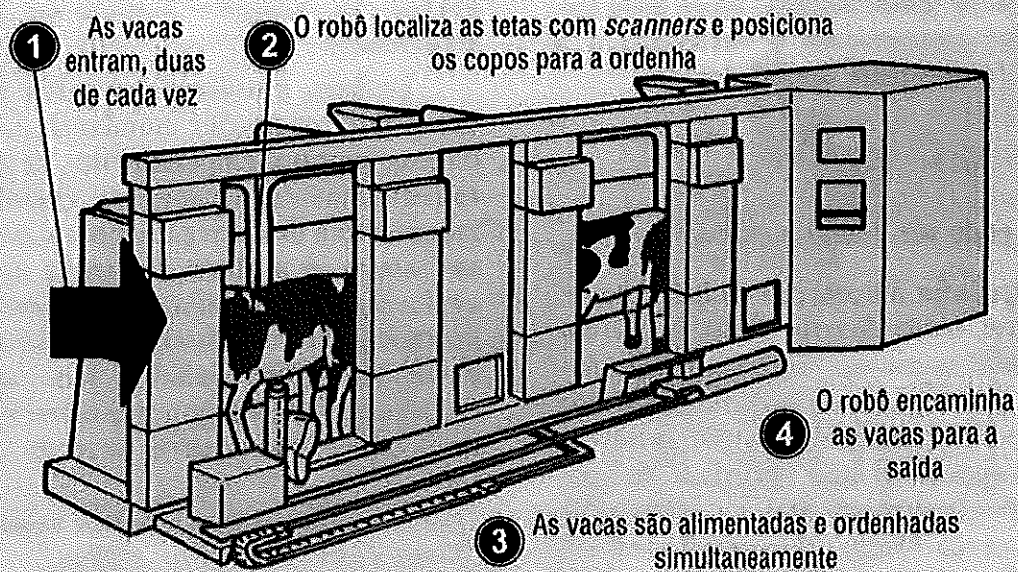
- Que a tecnologia faz que é diferente de outras tecnologias similares?
- Como ela faz isso? Isto é, quais características particulares da tecnologia são usadas para desempenhar suas funções?
- Que benefícios a tecnologia usada dá para a operação produtiva?
- Que limitações a tecnologia usada traz para a produção?

### Consumidores nem sempre são humanos<sup>1</sup>

As primeiras ordenhadeiras mecânicas foram apresentadas a gratos fazendeiros há aproximadamente 100 anos. Até recentemente, entretanto, não podiam ser operadas sem a interferência humana porque era preciso conectar os dispositivos às vacas. Esse problema foi superado por um consórcio na Holanda entre o governo holandês e várias empresas privadas. Eles esperam que os "robôs do leite" possam acabar com o ritual matutino dos fazendeiros de ordenhar vacas. Cada máquina pode ordenhar entre 60 e 100 vacas por dia e "processar" as vacas por um número de estágios. Portões controlados por computador e ativados por transmissores presos ao redor do pescoço das vacas permitem que elas entrem no sistema. A máquina, então, checa a saúde das vacas, faz a conexão entre elas e a ordenhadeira e as alimenta durante o processo de ordenha. Se alguma doença é detectada em qualquer vaca, ou se a máquina falhar por alguma razão na operação de conexão depois de cinco tentativas, portões automáticos desviam o animal para um cercado especial, onde o fazendeiro fará a inspeção mais tarde. Finalmente, a máquina direciona as vacas para fora do sistema. Ela também se autolimpa periodicamente e pode detectar e rejeitar qualquer impureza no leite. Em vez de arrebanhar todas as vacas em um "lote" até a ordenhadeira mecânica duas vezes por dia, o sistema conta com o fato de as vacas serem capazes de achar seu próprio caminho até lá. As vacas são, ao que tudo indica, criaturas de hábito. Depois de terem sido encaminhadas até a máquina algumas vezes, repetem o caminho por vontade própria porque sabem que, assim, poderão aliviar o desconforto dos úberes, que tornam-se pesados conforme vão enchendo. As vacas podem fazer o caminho até a máquina três ou mais vezes por dia (veja a Figura 8.2).

Os fazendeiros, entretanto, assim como as vacas, também parecem ser criaturas de hábitos. Riekes Uenken de Assen, que foi o primeiro fazendeiro a comprar a ordenhadeira mecânica, admitiu:

<sup>1</sup> BROWN, D. Mechanical milkman allows farmers a lie in. *The Daily Telegraph*, 11 Sept. 1993.



**Figura 8.2** Vacas são também consumidoras.

"Eu tenho um sinalizador eletrônico caso algo dê errado, mas eu ainda gosto de me levantar cedo. Eu simplesmente gosto de ver o que está acontecendo."

#### Questões

1. Quais vantagens a tecnologia descrita anteriormente apresenta?
2. Será que faz alguma diferença para as vacas?
3. Por que você acha que o fazendeiro ainda assiste ao processo da ordenha?

## TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE MATERIAIS

Avanços tecnológicos fizeram com que a forma pela qual metais, plásticos, tecidos e outros materiais são processados tenha melhorado com o tempo. No entanto, o que importa aqui não são tanto as tecnologias de conformação de materiais, mas o contexto tecnológico no qual elas são usadas.

### Máquinas-ferramentas de controle numérico computadorizadas

Máquinas de controle numérico computadorizadas (CNC) armazenam uma série de informa-

ções codificadas em um computador acoplado à máquina. O conjunto de instruções codificadas e os computadores ligados à máquina tomaram o lugar do operador, que anteriormente controlava-a manualmente. Essa substituição dá mais acurácia, precisão e repetitividade ao processo. Pode também dar mais produtividade, por meio da eliminação de possíveis erros do operador, porque o controle por computador pode definir padrões ótimos de corte, já que há a substituição de mão-de-obra habilidosa e cara.

As máquinas-ferramentas de NC mais recentes fazem pouco mais do que as convencionais que elas substituíram. As mais recentes tecnologias desenvolveram-se nos dois sentidos. Primeiro, elas aumentaram o grau de liberdade. Máquinas-ferramentas muito simples, como furadeiras, podem ter somente um grau de liberdade de movimento – para cima e para baixo. Outras, como um torno, que trabalha formas cilíndricas, têm dois – para dentro e para fora e ao longo da peça que está sendo conformada. Os centros automatizados usualmente têm três ou mais (onde a cabeça de corte inclina-se) graus de liberdade, o que lhes permite conformar peças mais complexas. O segundo desenvolvimento foi a habilidade de armazenar magazines com diferentes ferramentas de corte dentro da máquina. Quando o programa pede uma mudança de ferramenta, a ferramenta antiga é substituída no magazine e a nova é colo-

cada na cabeça de corte. Juntos, esses dois desenvolvimentos aumentaram a variedade e a complexidade do que pode ser produzido.

## Robótica

Um robô pode ser definido como:<sup>2</sup>

*"um manipulador automático multifunção reprogramável, tendo diversos graus de liberdade, capazes de manusear materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados por meio de movimentos programados variáveis, para desempenho de uma variedade de tarefas... Ele freqüentemente tem a aparência de um ou diversos braços, terminando em um pulso. Sua unidade de controle usa um elemento de memória e algumas vezes pode usar sensores e dispositivos de adaptação, que levam em conta o ambiente e as circunstâncias. Essas máquinas de múltiplos propósitos são geralmente projetadas para executar funções repetitivas e podem ser adaptadas a outras funções sem alteração permanente do equipamento".*

Em termos de suas aplicações, os robôs podem ser classificados como segue:<sup>3</sup>

- **Robôs de manuseio.** A peça de trabalho é manuseada pelo robô, por exemplo, para carga e descarga de centros de trabalho.
- **Robôs de processo.** A peça é segurada pelo robô, por exemplo, nos vários tipos de operações de trabalho em metal, ligação de materiais, tratamentos de superfícies etc.
- **Robôs de montagem.** Os robôs são usados para montagem de peças, componentes e produtos completos.

Robôs mais recentes podem também incluir alguma retroalimentação sensorial (ainda que limitada), mediante controle de visão e controle de toque. Todavia, apesar de a sofisticação dos movimentos dos robôs estar aumentando, suas habilidades são ainda mais limitadas do que su-

gerem as imagens populares das fábricas robotizadas.

De fato, a maioria dos robôs é, na prática, usada para operações mundanas, tais como: soldagem, pintura, empilhamento de contenedores, esmerilhamento/decapagem, embalagem e carregamento e descarregamento de máquinas. Nessas tarefas, o atributo dos robôs que está sendo explorado é sua habilidade de desempenhar tarefas repetitivas, monótonas e, algumas vezes, perigosas por longos períodos, sem variação e sem reclamação (veja os quadros sobre o uso de robôs na Ecco e Scania e sobre os robôs radioativos).

### Robôs assumem alguns trabalhos repetitivos na Ecco Shoes e na Scania Trucks<sup>4</sup>

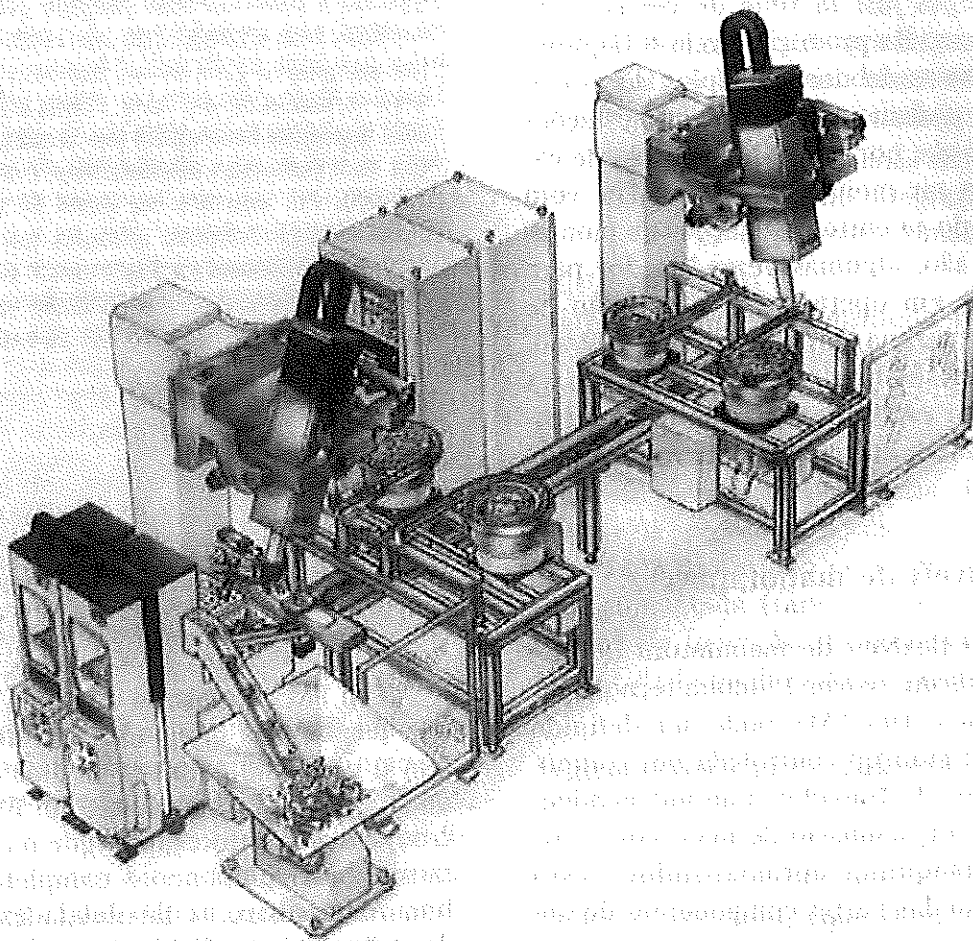
A Ecco, empresa de sapatos dinamarquesa, produz mais de sete milhões de sapatos todos os anos e investiu extensivamente em recursos robóticos em sua operação de manufatura, principalmente para melhorar a consistência da qualidade de seus produtos. Os estágios iniciais da produção ainda são processados manualmente. A parte macia de couro que formará o sapato é cortada e costurada em fábricas indianas e indonésias antes de ser enviada por navio às fábricas mais automatizadas para finalização. Um robô é utilizado para cortar uma beirada de 5 mm ao redor dessa parte de couro, e é então transferida por um segundo robô até a máquina de forma de sola, onde o couro é então moldado sobre uma sola flexível. Um terceiro robô é empregado para cortar o material excedente da sola sem estragar a parte superior do sapato. Cada robô é programado para operar de acordo com o tamanho e modelo reconhecido do sapato que está sendo processado. Os gerentes de produção da Ecco acreditam que o ambiente de trabalho é bastante beneficiado com o uso de robôs para as tarefas mais demandantes fisicamente ou tediosas, como também propicia aumento de produtividade e qualidade.

O grupo sueco Scania decidiu construir nova instalação de pintura em sua fábrica de eixo em Falun. A decisão de usar robótica na oficina de pintura baseou-se em sua habilidade de atender precisamente às exigências dos consumidores a respeito do tipo de pintura, cor e especificação. Os robôs são fácil e rapidamente alterados e adaptados a novos produtos. Dois operadores podem fazer funcionar todo o sistema da sala de controle, onde telas de computador mostram os movimentos e a ambientação de cada robô. Inicialmente, os robôs preparam e limpam as peças, depois secam a umidade ao injetar ar comprimido entre as cavidades e reentrâncias existentes; as peças são então preparadas e finalmente pintadas, ainda por robôs. As peças do eixo nos caminhões Scania

2 Economic Commission for Europe (1985) *Production and Use of Industrial Robots*, UN Economic Commission for Europe, ECN/ENG.ATV/15.

3 EDQUIST, C. E.; JACOBSSON, S. *Flexible automation*. Blackwell, 1988.

4 *ABB Robotics Review*, nº 2, 1993, e literatura da empresa, gentilmente cedida pela ABB.



Fonte: Cortesia de ABB Robotics.

**Figura 8.3** Robôs utilizados na montagem de pequenas peças.

são moldadas diferentemente, o que significa que as pistolas de jato de tinta do sistema de pintura precisam ser ajustadas continuamente durante o processo. Existe um sistema de controle integrado de computador que coordena todos esses ajustes, controlando a quantidade de tinta que é jateada e reduzindo possíveis espirros (para benefício tanto ambiental como de custo). Essencialmente, a principal característica dos robôs é sua flexibilidade. A Scania acredita que pode adaptar os sistemas conforme necessário para satisfazer às exigências futuras. O uso de robôs também melhorou as condições de trabalho dos empregados e ajudou a reduzir desperdícios e emissões de solventes.

#### Questões

1. Nas fábricas de sapatos Ecco, por que alguns estágios de manufatura são manuais e outros, robotizados?
2. Quais são as vantagens em se usar tecnologia de robô para pintar eixos na fábrica da Scania?

#### Veículos guiados automaticamente (*automatically guided vehicles – AGVs*)

Para todas as atividades em processo de manufatura que agregam valor ao produto por meio de transferência física, existe usualmente uma que move ou armazena o material. Apesar de serem freqüentemente inevitáveis, essas atividades não agregam nenhum valor ao material. Não é de surpreender, então, que gerentes de produção busquem avidamente automatizá-las. Os veículos guiados automaticamente (AGVs) são uma classe de tecnologia que faz isso. AGVs são veículos pequenos e autônomos, que movem materiais de e para operações agregadoras de valor. Eles são usualmente guiados por trilhas magnéticas no chão da fábrica e recebem instruções de um com-

putador central. O uso de AGVs pode ajudar a promover entregas *just in time* de peças entre etapas no processo de produção (veja o Capítulo 15 para uma discussão dos princípios do *just in time*). Também podem ser usados como estações de trabalho móveis; por exemplo, motores de caminhões podem ser montados sobre AGVs, com os AGVs movendo-se entre as estações de montagem. Os AGVs são, algumas vezes, usados para mover materiais em operações que não são de manufatura. Armazenagem é o exemplo óbvio, mas eles também são usados em bibliotecas para mover livros, em escritórios para mover correspondência e mesmo em hospitais para transportar amostras.

### Sistemas flexíveis de manufatura

Os sistemas flexíveis de manufatura (FMS – *flexible manufacturing systems*) juntam tecnologias em sistema único. Um FMS pode ser definido como “uma configuração controlada por computador de estações de trabalho semi-independentes, conectadas por manuseio de materiais e carregamento de máquinas automatizados”. Essa definição dá idéia das partes componentes de um FMS:

- “estações de trabalho” NC, sejam máquinas-ferramentas ou centros de trabalho mais sofisticados, automatizados, que desempenham operações “mecânicas”;
- instalações de carga/descarga, freqüentemente robôs, que movem peças de e para as estações de trabalho;
- instalações de transporte/manuseio de materiais, que movem peças entre estações de trabalho (podem ser AGVs, esteiras ou trilhos transportadores ou, se as distâncias são pequenas, robôs);
- um sistema central de controle por computador, que controla e coordena as atividades do sistema.

#### Robôs radioativos<sup>5</sup>

Desativar usinas de energia nuclear é um processo extremamente lento que em muitos países pode bem le-

var 100 anos para completar. É também um processo delicado e potencialmente perigoso para as pessoas envolvidas. Essa é a razão pela qual robôs são usados sempre que possível para mover, desmontar e manipular material radioativo de alto risco. Robôs também são usados para inspeções controladas por circuito interno de televisão, bem como para bombeamento e remoção de lixo radioativo. Por exemplo, na usina de Windscale BNFL, compressores robóticos operados por controle remoto estão sendo usados para desmontar o pilar da chaminé da usina e, perto dali, em Sellafield, um robô flutuante está drenando e esvaziando um tanque com resíduos líquidos altamente ativos.

#### Questão

Robôs são utilizados neste exemplo devido ao ambiente de risco em que as tarefas acontecem. Que outros exemplos você pode imaginar em que a segurança dos operadores seja a maior motivação para o investimento em tecnologia robótica?

Um FMS é mais do que uma tecnologia. Ele tem tecnologias integradas em um sistema, que tem o potencial para ser melhor do que a soma de suas partes. Com efeito, um FMS é uma “microoperação” autocontida, que é capaz de manufaturar um componente completo do início ao fim. Além disso, as flexibilidades de cada uma das tecnologias individuais combinam-se para fazer de um FMS (pelo menos em teoria) uma tecnologia de manufatura muito versátil. Uma sequência de produtos, todos diferentes, mas dentro do “pacote” de capacitações do sistema, poderia ser processada em qualquer ordem, e sem demora para troca entre os produtos. O conceito de “pacote de capacitações” é importante aqui. Qualquer conjunto de máquinas dentro de um FMS tem limitações no tamanho e forma dos materiais que pode processar. A implicação disso é que os FMS são mais bem adaptados para aplicações de manufatura onde os projetos das peças são basicamente similares e ainda cujos tamanhos de lotes devam ser pequenos (talvez apenas um).

#### Comentário Crítico

A vantagem de flexibilidade dos FMS é normalmente menor do que parece. É verdade que, quando comparados com qualquer tentativa anterior de processos de manufatura automatizada, os FMS são flexíveis. Os anteriores, assim chamados automação “hard”, requeriam que as instruções para a máquina fossem fixadas a seu hardware. Qualquer mudança requeria que a máquina

5 When robots do really dangerous jobs. *The Times*, 14 Aug. 1996.

fosse reconfigurada. As novas tecnologias de manufatura, como os FMS, mantêm suas instruções na forma de *software* (programas de computador), que podem ser muito facilmente mudados. Entretanto, este é o ponto principal? Os FMS podem ser mais flexíveis do que qualquer tecnologia de manufatura automatizada anterior, mas eles podem não ser mais flexíveis do que os sistemas de manufatura que substituem. As operações de alguma variedade e de volumes relativamente baixos, onde os FMS parecem ser os mais apropriados, teriam anteriormente usado máquinas-ferramentas *stand-alone* (independentes), arranjadas ou em arranjo físico por processo ou em arranjo físico celular (veja o Capítulo 7 para a descrição desses tipos de arranjo físico). Tal sistema de manufatura é extremamente flexível em termos de variedade de componentes que pode processar, certamente mais flexível do que qualquer FMS. Talvez seja por isso que os FMS são usados para aplicações onde a faixa de peças a produzir não é particularmente ampla.

### As vantagens dos FMS

Uma forma de flexibilidade que os FMS têm com excelência é a que chamamos no Capítulo 2 de flexibilidade de produto, isto é, a habilidade de introduzir mudanças nos projetos dos produtos. O controle integrado e a flexibilidade programável dos FMS fazem disso tarefa relativamente simples. Entretanto, a maioria dos benefícios relatados vem de outros objetivos de desempenho.

Pesquisa com empresas que adotaram os FMS, relatada pelo Prof. John Bessant da Universidade de Brighton, identifica os seguintes benefícios:<sup>6</sup>

- *Redução do lead time e do tempo de atravessamento (porta a porta da fábrica) entre 60 e 70%.*
- *Economia de estoque (especialmente de material em processo) e fluxo de materiais mais uniforme ao longo da fábrica, com menos formação de filas de materiais esperando usinagem.*
- *Utilização aumentada (nas manufaturas por lotes, o nível de utilização de equipamento é relativamente baixo, já que muito tempo é gasto esperando que produtos sejam colocados nas máquinas). A exten-*

são dos melhoramentos esteve na faixa de 200 a 400%.

- *Redução dos tempos de preparação (associada à melhoria dos níveis de utilização). Melhoramentos relatados entre 50 e 90%.*
- *Número de máquinas ou operações reduzido (derivado da integração física das operações em menos e mais complexas máquinas).*
- *Qualidade aumentada (não inteiramente atribuída àquela tecnologia); melhoramentos estiveram na faixa de 20 a 90%.*

Outros benefícios relatados incluem: economia de espaço, dependência de subcontratados reduzida, economia no uso de mão-de-obra especializada, prontidão de resposta aos consumidores aumentada (rapidez e qualidade de serviço), ciclos de inovação da produção mais rápidos e capacidade melhorada de fazer protótipos.

### Características de volume e variedade

As tecnologias descritas aqui diferem em seus níveis de flexibilidade e desempenho econômico e, portanto, cada uma vai ser apropriada para diferentes partes do *continuum* de volume-variedade. A Figura 8.4 posiciona as tecnologias na matriz volume-variedade que introduzimos no Capítulo 4.

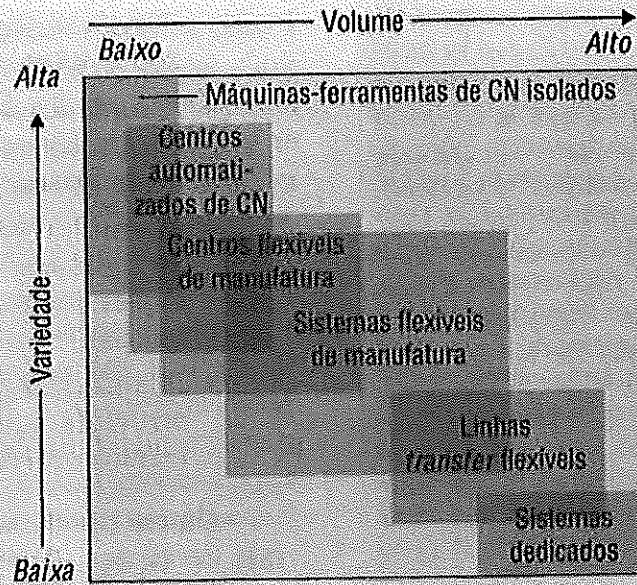
As posições ilustradas na Figura 8.4 não pretendem ser prescritivas, somente indicativas de o que é sensato sob as atuais condições de custo e desenvolvimento tecnológico. Além disso, a área ocupada pela tecnologia FMS tem crescido, e provavelmente vai crescer mais, à medida que o FMS realmente torna-se mais flexível, mantêm as vantagens de custo de integração e automação.

#### FMS NA YAMAZAKI MAZAK

O fabricante de máquinas-ferramentas japonês Yamazaki possui uma das mais avançadas operações de fabricação de máquinas-ferramentas em sua unidade européia. Seus quatro sistemas FMS permitem a produção noturna sem funcionários, possibilitando que a empresa maximize seus investimentos. É claro, os produtos Yamazaki são construídos por meio de um sistema FMS Yamazaki (veja a foto). Com vasta faixa de mais de 60

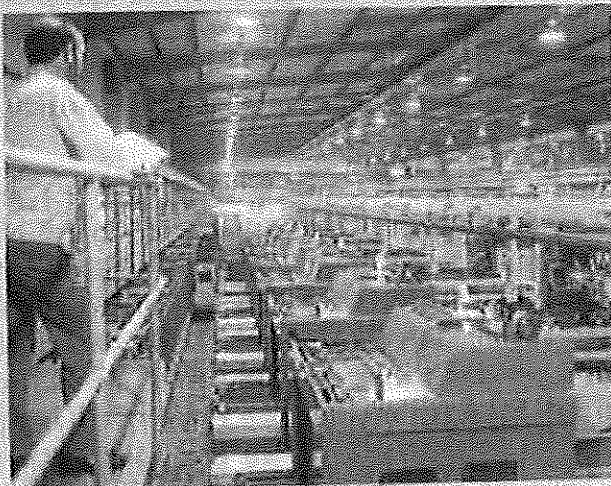
6 BESSANT, J. *Managing advanced manufacturing technology*. Blackwell, 1991.





**Figura 8.4** As características de volume – variedade das tecnologias de manufatura.

produtos, os volumes individuais eram pequenos. Em virtude disso, a companhia queria uma operação que fosse tão flexível que não importasse a ordem em que os itens fossem processados. A alta utilização seria mantida, fazendo trocas rápidas, que também reduziriam a necessidade de lotes grandes. A operação produtiva pode



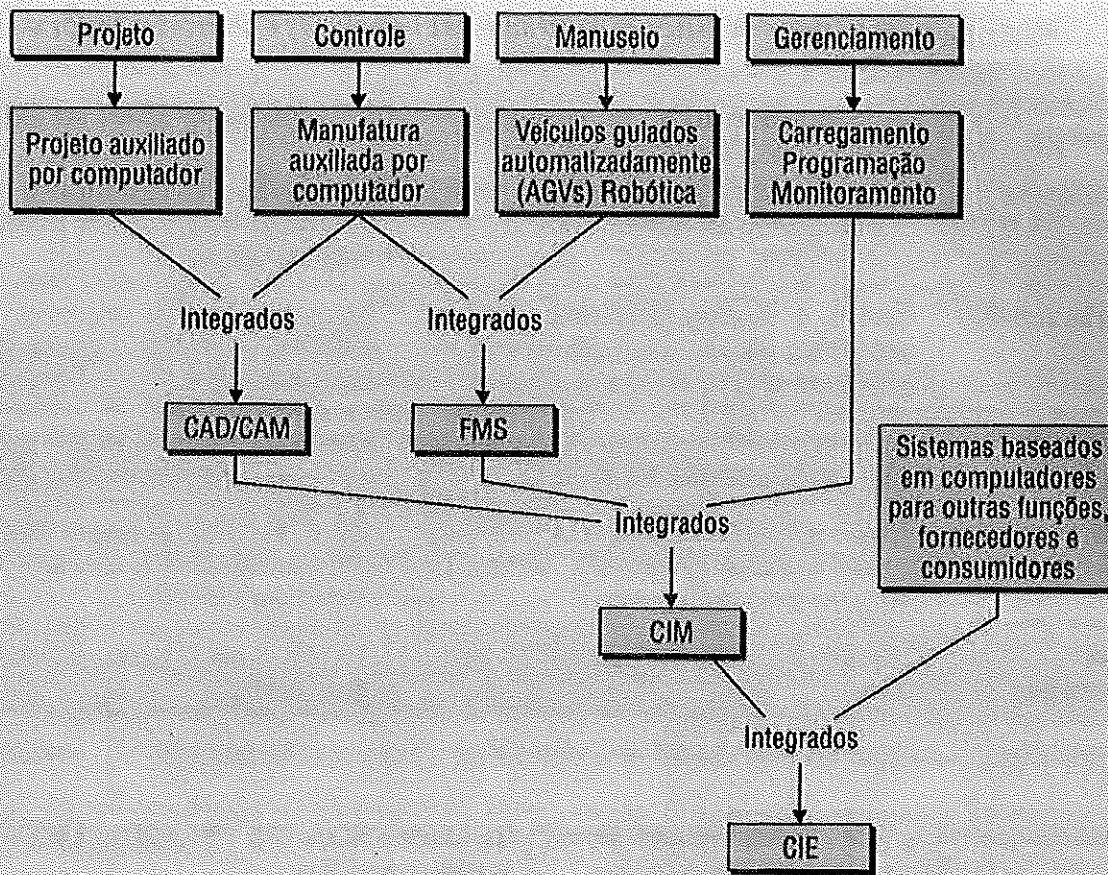
Fonte: Gentill permissão da Yamazaki Machinery, Reino Unido Ltda.

fazer até peças individuais, para atender às suas apertadas programações. Isso possibilita à empresa oferecer tempos de atendimento de pedidos a seus clientes de apenas quatro semanas, em comparação com os tempos dos concorrentes, de oito ou mais semanas para produtos similares. Todos os componentes são carregados em dispositivos montados sobre *pallets* especiais. O operador prepara trabalho suficiente para possibilitar que o sistema rode a noite toda sem supervisão. No centro do

FMS está um computador central, que programa e controla a atividade de cada centro automatizado e dispositivo de manuseio de materiais. O computador predetermina as localizações das *pallets* e, à medida que os centros ficam livres, um dispositivo de pegar e carregar automático (por exemplo, um braço de robô) vai selecionar a peça de trabalho seguinte de uma fila de espera e vai colocá-la na máquina disponível. Cada máquina é capaz de manusear quase qualquer um dos componentes, assim não se desenvolvem gargalos em qualquer ponto do sistema. As ferramentas sobressalentes para os centros automatizados são armazenadas em banco de ferramentas central na extremidade da área e são transportadas para a máquina que delas necessita por dispositivo que as prende em uma linha de movimentação elevada, que corre acima dos centros produtivos. No final de um turno, o operador que entra pode consultar o computador para um relatório das ferramentas que podem precisar ser substituídas no banco de ferramentas. Muitos dos materiais são entregues do armazém para a fábrica por AGVs, que pegam os itens sob requisição do sistema de programação central.

#### Questões

1. Quais parecem ser os benefícios do investimento da Yamazaki em sua fábrica altamente automatizada?
2. Quais são os maiores problemas da produção noturna sem funcionários e o que a Yamazaki fez para evitá-los?
3. Que tipo de flexibilidade o FMS da Yamazaki proporciona?



**Figura 8.5** Integração crescente de tecnologias de manufatura.

### Manufatura integrada por computador (Computer-integrated manufacturing – CIM)

A integração das tecnologias de manufatura envolvidas num FMS pode ser estendida ainda mais. O FMS integra aquelas atividades que estão preocupadas diretamente com o processo de transformação, mas não necessariamente outras atividades, como projeto, programação e outras necessárias às peças que estão sendo fabricadas. Essas outras atividades, que também são baseadas em computador, podem ser integradas com as tecnologias de processamento de material. Essa integração mais ampla é conhecida como manufatura integrada por computador (CIM – *computer integrated manufacturing*). Ela pode ser definida como o “monitoramento baseado em computador e controle de todos os aspectos do processo de manufatura, baseado num banco de dados comum e comunicando por meio de alguma forma de rede de computadores”, apesar de o termo CIM ser agora frequentemente usado para

indicar formas muito menos ambiciosas de manufatura integrada.<sup>7</sup>

A Figura 8.5 ilustra como as tecnologias de manufatura podem ser descritas, além de seus estados progressivamente mais integrados de tecnologias básicas. O primeiro estágio é a integração *entre* áreas de atividade, para produzir essas tecnologias combinadas como CAD/CAM e FMS. O segundo é a integração das atividades CIM da organização com outras funções e, talvez fornecedores e consumidores, abordagens que foram chamadas de *empreendimento integrado por computador* (CIE – *computer integrated enterprise*).

### CIM centrado nas pessoas

Alguns argumentam que, sob perspectiva puramente técnica do desenvolvimento dos siste-

7 BOADEN, R. E.; DALE, B. What is computer integrated manufacturing? *International Journal of Operations and Production Management*, v. 6, n° 3, 1986.

Tabela 8.2 Comparação de projetos de sistemas centrados em tecnologia e centrados em pessoas.

Ponto de escolha do projeto	Sistemas centrados em tecnologia	Sistemas centrados em pessoas
Alocação de função	Operador executa somente aquelas funções que não podem ser automatizadas	Operador aloca funções dependendo das circunstâncias e julgamentos particulares durante a produção
Arquitetura de sistemas	Sistema de controle centralizado, com máquinas de produção controladas no mais alto nível possível	Sistema de controle descentralizado, com máquinas controladas no mais baixo nível possível
Características de controle	Ações do usuário ritmadas e reguladas pelas diretivas armazenadas em máquina	Escolha e controle do usuário maximizados, a tecnologia não dita métodos de trabalho
Características de informação	Dados de <i>status</i> do sistema apresentados somente para gerenciamento; acesso aos usuários operários limitado	Dados de <i>status</i> de sistema disponíveis em todas as máquinas; facilitação da comunicação de interfunções
Alocação de responsabilidades	Trabalho controlado por especialistas funcionais	Trabalho controlado por mão-de-obra direta multi-habilitada

mas de manufatura integrada, as tecnologias de processo estão negligenciando a habilidade das pessoas que as compõem. Em vez de projetar sistemas CIM segundo critérios técnicos e então considerar como as pessoas deverão adequar-se a eles, argumenta-se que deveria ser adotada abordagem de "projeto paralelo". Isso permitiria que os futuros usuários do sistema CIM conformassem seu projeto antes de estar finalmente fixada a forma do sistema. Isso encorajaria os usuários a integrar suas habilidades e contribuições para os elementos tecnológicos do sistema. A Tabela 8.2 ilustra como os sistemas "puros" centrados nas pessoas podem diferir dos sistemas puramente centrados em tecnologia.

### Resumo das tecnologias de processamento de materiais

É útil resumir algumas das tecnologias de processamento de materiais que foram discutidas, usando para isso as quatro questões identificadas no início deste capítulo (veja Tabela 8.3):

- Que a tecnologia faz?
- Como ela faz?
- Quais vantagens proporciona?
- Quais restrições impõe?

### TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO

As tecnologias de processamento de informação incluem qualquer dispositivo que colete, manipule, armazene ou distribua informação. A maioria destes classifica-se sob o termo geral de "tecnologias de informação", que são o tipo de tecnologia mais comum em produção. A presença de tecnologia da informação em quase todos os tipos de operações e o ritmo intenso do desenvolvimento tecnológico fazem com que esta seja particularmente importante. Questões operacionais e organizacionais são geralmente os principais obstáculos na aplicação de tecnologia de informação porque os gerentes sentem-se inseguros a respeito da melhor forma de usar o potencial tecnológico. A referência, a seguir, dá-nos idéia de quão rápido tem mudado a tecnologia:<sup>8</sup>

*"O ritmo de progresso da tecnologia de informação tem sido tão grande que, se avanços similares tivessem ocorrido na indústria automobilística, você poderia comprar um Jaguar que andasse à velocidade do som, percorresse 600 milhas com um tanque de gasolina e custasse somente \$ 21!"*

8 TOBIAS, R. L. *Henry Ford II scholar award lecture*. Cranfield School of Management, 1992.

Tabela 8.3. *Resumo das tecnologias de processamento de materiais.*

<b>Máquina-ferramenta NC</b>	
Que faz?	Desempenha os mesmos tipos de corte de metal e operações da forma que realizava antes, mas com controle por computador.
Como faz?	Instruções reprogramadas são lidas com base em disquete, fita ou fita de papel por um computador que ativa o sistema de controle físico na máquina-ferramenta.
Que vantagens oferece?	Precisão, acurácia, uso otimizado das ferramentas que maximizam sua vida útil e aumento da produtividade do trabalho.
Que restrições impõe?	Custo de capital maior que tecnologia manual. Requer funcionários capacitados para reprogramar as instruções de controle do computador.
<b>Robô Industrial</b>	
Que faz?	Move e manipula produtos, peças e ferramentas.
Como faz?	Opera por meio de um braço programável e controlado por computador que executa ações conforme as tarefas desempenhadas.
Quais vantagens oferece?	Pode ser usado em situações perigosas ou desconfortáveis para humanos, ou em tarefas extremamente repetitivas. Desempenha tarefas repetitivas a custo menor que os humanos e oferece maior precisão e capacidade de repetição.
Quais restrições impõe?	Não pode executar funções que necessitem de resposta sensorial delicada ou julgamento sofisticado.
<b>Veículos guiados automaticamente (AGV)</b>	
Que fazem?	Movem material entre operações.
Como fazem?	Veículos com energia independente guiados por trilhas magnéticas e controlados por computador.
Quais vantagens oferecem?	Movimento independente, flexibilidade de rota e flexibilidade de uso a longo prazo.
Quais restrições impõem?	Custo de capital consideravelmente maior que os sistemas alternativos (esteiras transportadoras).
<b>Sistema flexível de manufatura (FMS)</b>	
O que faz?	Produz completamente uma gama de componentes (ocasionalmente produtos simples completos) sem intervenção humana significativa durante o processo.
Como faz?	Integra tecnologias programáveis como máquinas-ferramentas, dispositivos de manuseio de materiais e robôs mediante controle centralizado por computador.
Quais vantagens proporciona?	Tempos de atravessamento mais rápidos, maior utilização do equipamento de capital, menor estoque em processo, maior consistência de qualidade, maior flexibilidade de produto a longo prazo.
Quais restrições impõe?	Custos de capital muito altos com retorno incerto, requer habilidades de programação e pode ser vulnerável à quebra de material (o que pode fazer parar todo o sistema).
<b>Manufatura integrada por computador (CIM)</b>	
O que faz?	Coordena o processo de manufatura de uma peça, componente ou produto.
Como faz?	Conecta e integra a tecnologia de informação que forma a fundação da tecnologia do projeto (CAD), tecnologia de manufatura (FMC ou FMS), manuseio de materiais (AGVs ou robôs) e a gestão imediata dessas atividades (programação, carregamento e monitoramento).
Quais vantagens proporciona?	Tempos de atravessamento mais rápidos, flexibilidade quando comparados com outras tecnologias <i>hard</i> e o potencial para uma produção não supervisionada.
Quais restrições impõe?	Custos de capital extremamente altos, problemas técnicos de comunicação entre as diferentes partes do sistema, além de alguma vulnerabilidade quanto a falhas e quebras.

## Processamento de informações centralizado e descentralizado

Todos os computadores usados para propósitos gerenciais (em oposição a controle de processo) foram, em determinado momento, grandes e centralizados. Era simplesmente a forma mais econômica de comprar capacidade de processamento. As diferentes partes da organização acessavam o computador com processamento *batch*. Cada uma das transações separadas associadas com uma atividade particular não seria processada à medida que elas fossem originadas. Em vez disso, seriam acumuladas em lotes até o momento do processamento programado. Com o crescente uso de tecnologia da informação, os computadores centralizados passaram a ser vistos como um incômodo para algumas aplicações. Ao mesmo tempo, o custo e a capacidade dos computadores de médio porte atingiram o ponto no qual era economicamente praticável para algumas partes da operação terem seu próprio computador. Esses "minicomputadores" poderiam estar sob o controle direto do pessoal que os utilizaria. Os programas aplicativos poderiam ser projetados especificamente para suas necessidades e as transações, processadas quando e como julgassem adequado. Esse é o conceito do processamento distribuído. O problema óbvio com esse arranjo é que, ao trazer a capacidade de processamento mais próxima de seus usuários, a coordenação de todas as atividades dos centros de processamento ficou mais complexa. A resposta para esse problema é que os microcomputadores troquem informações. Isso, eventualmente, levará ao conceito de rede de computadores.

### Redes locais (LANs)

A necessidade de reter as claras vantagens do processamento distribuído, que retém o controle e os benefícios de comunicação da computação centralizada, concentrou atenção no mecanismo da comunicação em si – isto é, a rede que conecta a capacidade de processamento distribuído. Emerge a combinação do conceito de rede com computadores pessoais (PC) menores e mais baratos com o conceito de *rede de área local* (LAN) (*local area network*).

A LAN é uma rede de comunicações que opera até uma distância limitada, usualmente, dentro de uma operação. Conectados à rede es-

tão elementos como computadores pessoais, telas, impressoras, interfaces e minicomputadores. A informação (dados, texto e algumas vezes imagem) é trocada entre os elementos ao longo da rede. A rede em si pode ser formada de fibras ópticas, cabos coaxiais ou simples fios telefônicos, que depende da velocidade e do volume de informação que está sendo trocado. O tipo mais comum de LAN conecta os PCs em grupo de trabalho ou diversos departamentos e permite a todo o pessoal compartilhar acesso a arquivos de dados, outros periféricos, como impressoras, e ligações com redes externas, como linhas de telefone.

A grande vantagem de LANs (e de seus primos maiores, as redes de áreas amplas *wide area networks* – WANS) é sua maior flexibilidade quando comparadas com outras formas complicadas de processamento distribuído. Em particular, as vantagens incluem as seguintes:<sup>9</sup>

- *Crescimento incremental*. Novos elementos podem ser adicionados à rede à medida que são requeridos ou tornam-se disponíveis.
- *Redundância*. A robustez pode ser construída dentro do sistema, mantendo máquinas sobressalentes e arquivos duplicados.
- *Flexibilidade de localização*. As estações de trabalho e os periféricos podem ser localizados onde se mostram necessários e realocados com pequena interrupção, quando for preciso.
- *Autonomia operacional*. Tanto o controle como a administração de *hardware* e de *software* podem ser designados ao pessoal que os usa.

## Telecomunicações e tecnologia de informação

O uso de tecnologias baseadas em computador em negócios sempre foi calcado em princípios digitais, isto é, na conversão de informações na forma binária, usando 0s e 1s. As telecomunicações, por outro lado, foram originalmente baseadas em tecnologia analógica. A digitalização de transmissões de telecomunicações (incluindo técnicas de compressão digital, que permite à in-

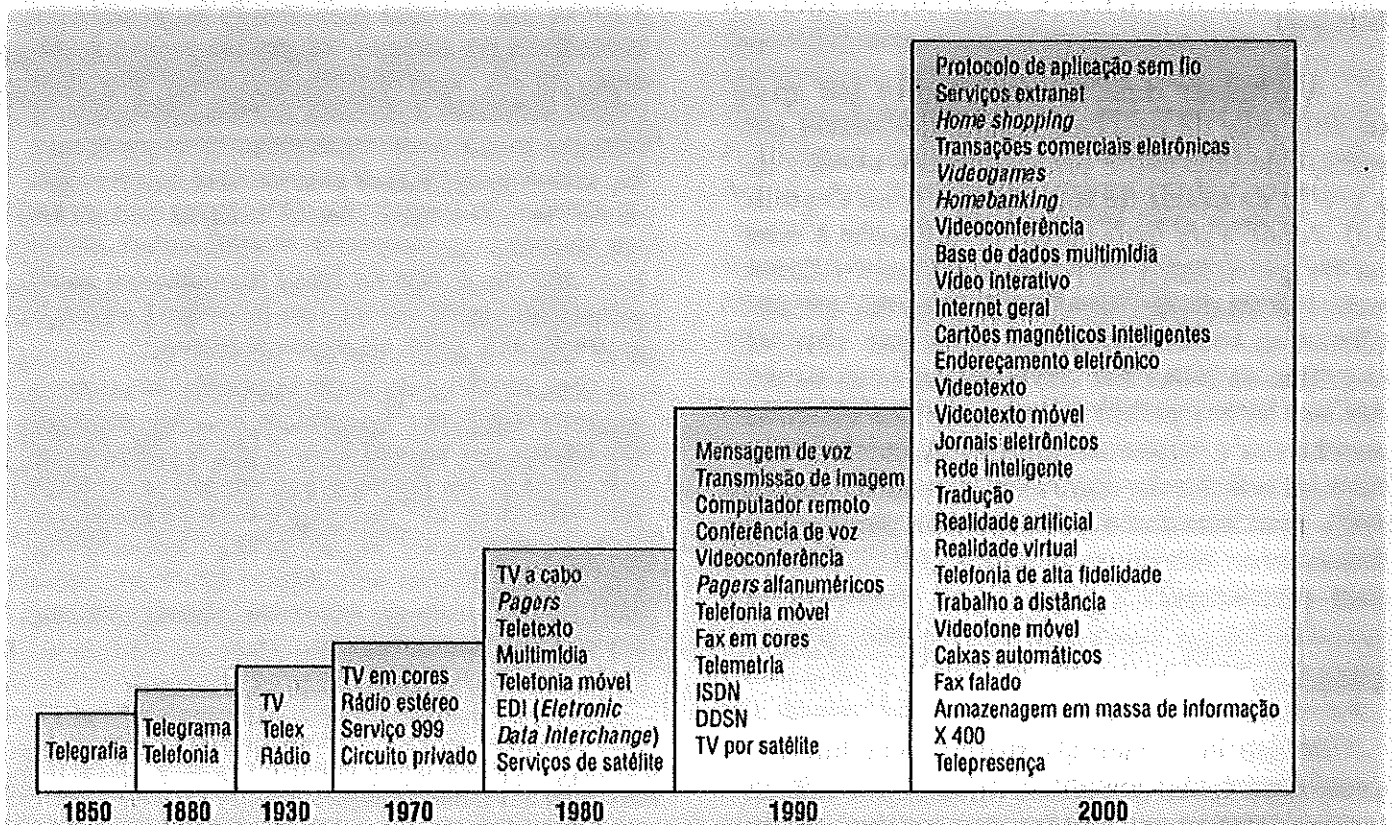
<sup>9</sup> GUNTON, T. *Inside information technology*. Prentice Hall, 1990.

formação ser comprimida em pequeno "espaço", de modo que mais informação possa ser mandada usando dada capacidade de transmissão), junto com o uso de redes de fibra óptica de alta capacidade, traz novas possibilidades. As tecnologias de computação e de telecomunicações, de fato, mesclaram-se. As linhas de telecomunicações digitais podem carregar tanto tráfego de voz como de não-voz (texto, dados etc.) ao mesmo tempo. Assim, locais separados da mesma organização, ou operações separadas, poderiam locar linhas para seu uso exclusivo. Alternativamente, operações separadas poderiam usar uma das *redes digitais de serviços integrados* (ISDN – *integrated services digital networks*) públicas. A capacidade dessas redes também significa que é possível a troca de informação interativa, de duas vias.

O efeito desses desenvolvimentos sobre as companhias de telecomunicações tem sido enorme. A Figura 8.6 mostra o aumento nos novos tipos de serviços que podem oferecer, a maioria é resultado de tecnologias digitais.

### Internet

Indubitavelmente, a tecnologia mais significativa nos últimos tempos, e causadora de impactos em gestão de operações, foi a Internet. De fato, a Internet é a "rede das redes". Ela é usada para unir uma rede de computadores com outras redes de computadores. Sua origem remonta ao desenvolvimento das LANs nas décadas de 70 e 80 (posteriormente transformadas em WANs). Entretanto, porque usavam computadores diferentes, as LANs tinham geralmente dificuldade de se comunicar entre si. As WANs tampouco usavam as mesmas linguagens que as LANs. O grande avanço veio com o desenvolvimento de uma técnica chamada *packet switching*. Isso proporcionou a conveniência do envio de muitas mensagens para várias localidades ao mesmo tempo e permitiu a comunicação entre redes individuais. Em termos práticos, no entanto, a maioria de nós pensa em Internet como o provedor de serviços que propicia a habilidade de navegar na rede World Wide Web.



**Figura 8.6** Crescimento dos serviços de telecomunicações.

## Rede World Wide Web

Até 1993, a Internet era usada principalmente por universidades e empresas para trocar mensagens e documentos. Com o advento da World Wide Web (WWW ou Web), nossa visão mudou dramaticamente. A Web foi desenvolvida pela Cern na Suíça e pelo MIT nos Estados Unidos para fornecer um sistema de "hipertexto e hipermídia distribuídos". A informação na Web era organizada em páginas que continham texto e gráficos. Os elementos das páginas eram identificados como *links* (ligações), que permitiam aos usuários a transferência para outras páginas, que por sua vez possuíam *links* de hipertexto para outras páginas, e assim por diante.

O impacto exato da WWW e, em geral, das tecnologias de Internet já é significativo para a gestão de operações e provavelmente ainda o será mais. Isso é o que se convencionou chamar a "revolução do *e-business*". O *e-business* é a aplicação da tecnologia de Internet aos processos de negócios. Tornou-se possível devido à capacidade essencial da Internet – a habilidade de qualquer computador se comunicar com outro.

### Extranet

A extranet conecta organizações por meio de uma rede de negócios segura, que utiliza tecnologia de Internet. É principalmente usada para a gestão da cadeia de suprimentos (veja Capítulo 13). Tende a ser mais barata para instalar e manter do que as redes de trocas comerciais tradicionais. Por exemplo, detalhes de pedidos encaminhados a fornecedores, ou feitos por clientes, pagamentos efetuados a fornecedores, ou recebidos de clientes podem ser transmitidos via *extranet*. Bancos e outras instituições financeiras também podem ser incorporados à rede. O uso de redes para esse fim é normalmente chamado de Intercâmbio eletrônico de dados (EDI – *eletronic data interchange*).

### E-business

O uso de tecnologia baseada em Internet, tanto para apoiar processos de negócios existentes, ou criar oportunidades de negócios inteiramente novos, veio a ser chamado de *e-business*. O impacto mais evidente foi sentido nas operações

ou negócios que se ocupam da atividade de comprar e vender (*e-commerce*). A Internet abriu um canal completamente novo de se comunicar com os clientes. A vantagem das vendas pela Internet é que aumentou tanto o *alcance* (o número de pessoas que podem ser alcançadas e o número de produtos apresentados) como a *riqueza* (a quantidade de detalhes que podem ser fornecidos sobre os produtos à venda e sobre o comportamento das pessoas compradoras). Tradicionalmente, a venda envolvia permuta entre alcance e riqueza. A Internet efetivamente superou a necessidade dessa permuta.

No entanto, a Internet também teve implicações igualmente impactantes para a provisão de serviços. A Figura 8.7 ilustra o custo relativo para um banco oferecer seus serviços utilizando diferentes canais de comunicação. Com uma economia de custo de tal magnitude, os serviços baseados em Internet transformaram-se na mídia preferida para muitas operações.<sup>10</sup>

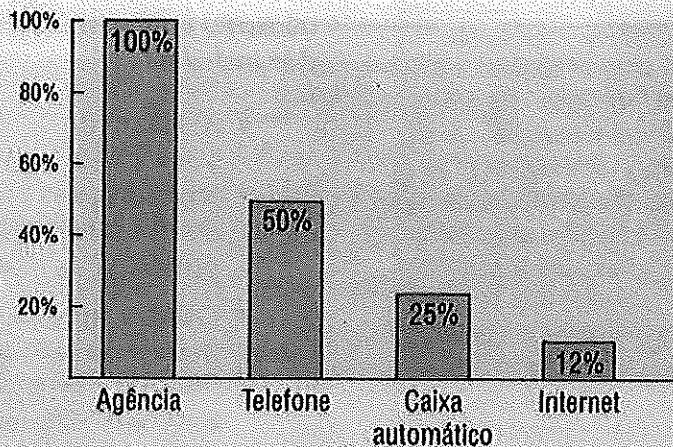
### Tecnologia e revolução varejista<sup>11</sup>

Nem todos predizem um futuro dourado para o varejo pela Internet. O sociólogo Prof. Laurie Taylor acredita que as compras *high-tech* estão fadadas ao fracasso, a menos que se preste mais atenção às necessidades psicológicas das pessoas. "As pessoas adoram conselhos", diz ele, "especialmente ao comprar itens como roupas, eletrônicos e utensílios de decoração para casa, situações em que sentem necessidade de aconselhamento". Os varejistas precisam tentar resgatar a conversação ao momento da compra: "Banir os clientes para os caixas eletrônicos impessoais e remotos foi um grande erro", garante ele, "porque não só se perdeu todo aquele maravilhoso contato humano como também a chance de se vender uma apólice de seguro ou pensão".

Isso também pode limitar o potencial de se vender por meio da Internet. "Os negócios mais bem-sucedidos são aqueles que vendem livros e CDs a consumidores que sabem o que querem e que recebem os produtos pela caixa de correio." Negócios em que os consumidores não estejam muito seguros do que comprar e cujos produtos não possam ser entregues pelo correio talvez não sejam os candidatos mais fortes a vendas baseadas em tecnologia.

10 Dados da Booz Allen e Hamilton citados em JACQUELOT, P. Ups and downs of Internet banking. Connections, Publicação 1, *Financial Times*, 1999.

11 Eletronic shopping ignores our needs. *The Times*, 5 Mar. 1997; Revolutions sweeps through cashpoints. *The Sunday Times*, 18 Aug. 1996.



**Figura 8.7** Custo médio de transação para “tecnologias” bancárias.

### Questões

1. Baseado em sua própria experiência, quais são as tecnologias que estão sendo utilizadas no varejo de alto contato, além das mencionadas anteriormente?
2. Quais as vantagens que a maior parte dessas tecnologias oferece?
3. Você acha que o Prof. Laurie Taylor está certo quanto às críticas sobre tecnologia nas operações de varejo?

### Sistemas de informação gerencial (management information systems – MIS)

A maior parte de nossa discussão, até aqui, referiu-se ao arranjo de tecnologias de processamento de informação – que computadores e outros artefatos podem fazer, e como eles estão conectados aos demais. Dentro da configuração do sistema físico, todavia, o que é importante é a forma como a informação move-se, é modificada, é manipulada e apresentada, de modo a poder ser utilizada no gerenciamento de uma organização. Esses sistemas são sistemas de informação gerencial. Os gerentes de produção fazem considerável uso de SIG, especialmente em suas atividades de planejamento e controle. Os sistemas que estão relacionados com gerenciamento de estoque, o ritmo e a programação de atividades, a previsão de demanda, o processamento de pedidos, o gerenciamento de qualidade e muitas outras atividades são parte integrante da vida no trabalho de muitos gerentes de produção, e são analisados nos capítulos de planejamento e controle da Parte III.

### Sistemas de suporte à decisão (DSSs)

Um sistema de suporte à decisão é aquele que fornece informação com o objetivo direto de adicionar ou apoiar o processo decisório gerencial. Consegue isso estocando informação importante, processando-a e apresentando-a de forma que possa contribuir para a decisão a ser tomada. Assim, o sistema ajuda os gerentes a entender a natureza das decisões a serem tomadas e suas conseqüências, mas, efetivamente, não decide. Geralmente, DSSs são usados para análises do tipo “o que aconteceria se”, que exploram as conseqüências (normalmente financeiras) de mudanças nas práticas de operações. Por exemplo, suponha que um fabricante de fibra sintética (tal como a Delta Synthetic Fibres, que foi discutida como exemplo de caso no Capítulo 6) esteja considerando adicionar capacidade extra para um novo produto, assim como converter sua capacidade existente para a produção desse novo produto. Uma típica aplicação DSS seria ter a sua disposição os custos de produção associados com a fabricação de cada produto em todas as unidades alternativas da empresa, os custos envolvidos com transporte de produtos nos mercados mundiais, os custos e os *lead-times* envolvidos na construção e conversão de capacidade, e assim por diante. Isso permitiria aos gerentes analisar as decisões alternativas a respeito de localização, tamanho e momento da mudança de capacidade, além de mostrar os resultados em termos de medidas como utilização de capacidade, níveis de estoque, lucratividade e fluxo de caixa.



### Transferência e benefício eletrônico<sup>12</sup>

Até os programas sociais ao redor do mundo estão sendo revolucionados pelo uso de tecnologia. Por exemplo, a transferência de benefícios eletrônicos (EBT) está transformando os livros de pensão e os cheques de benefícios em itens obsoletos. Países tão diversos como a África do Sul, a Itália, a Finlândia e a Namíbia estão introduzindo o uso de máquinas eletrônicas para pagamento de pensões e benefícios sociais. Pensionistas simplesmente usam o cartão fornecido pelo governo e o número de identidade pessoal (PIN) para obter sua contribuição. Sistema parecido, a um passo de ser disseminado nos Estados Unidos, vai fornecer selos de comida e outros pagamentos de benefícios a famílias pobres mediante o uso de cartão. Um desses sistemas propicia aos beneficiários introduzir o cartão no terminal de vendas de estabelecimentos comerciais, digitar seu número PIN e ter seu gasto em alimentação deduzido de seu benefício e adicionado à conta do respectivo estabelecimento.

#### Questão

Liste o que você considera ser as maiores vantagens e problemas caso os programas sociais passem a ficar mais dependentes do tipo de tecnologia descrita anteriormente.

### Sistemas especialistas (ESs – expert systems)

Os sistemas especialistas levam a idéia dos DSSs um passo adiante, à medida que tentam “resolver” problemas, os quais normalmente seriam solucionados por humanos. Um sistema ES exibe (dentro de uma área específica) nível de especialidade suficiente para imitar o processo humano de resolução de problemas. A parte central de um sistema ES é seu “motor de inferência”, que desempenha o arrazoado ou a lógica formal sobre as regras que foram definidas como governando a decisão. Essas regras são chamadas de “base de conhecimento” do ES (e são a razão pela qual os ESs são também chamados de sistemas com base no conhecimento).

Já ocorreram muitas tentativas de se utilizar ES em gestão de operações. A Tabela 8.4 ilustra algumas áreas de decisão e questões que já foram tratadas. Entretanto, embora as autoridades concordem que os ESs venham a se tornar muito importantes no futuro de gestão de operações, nem todas as aplicações até agora foram to-

talmente bem-sucedidas. Os problemas encontrados incluem:

- A maior parte dos sistemas especialistas pode tratar somente de problemas muito limitados, em vez de questões mais realistas de integração e conflito entre áreas-problema da operação.
- Colocar mesmo que só parte do conhecimento de um gerente de operações em base de dados de conhecimento é muito caro em termos de tempo e energia de processamento.
- Como todos os sistemas com base em informação, se tornará inútil se os dados trabalhados estiverem errados ou imprecisos.

### Resumo das tecnologias de processamento de informação

Novamente, é útil resumir as tecnologias de processamento de informação na forma de questões sobre as operações (veja a Tabela 8.5).

### TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE CONSUMIDOR

Tradicionalmente, as operações de processamento de consumidores têm sido vistas como de “baixa tecnologia”, quando comparadas com as operações de processamento de materiais. A pressuposição é de que a manufatura precisa de máquinas enquanto os serviços contam com pessoas. Até certo ponto, isso é compreensível: visite a maioria das fábricas, e sua tecnologia é frequentemente evidente. Por exemplo, não existe nenhum engano no significado da tecnologia do processo dos produtores de aço para seus negócios. Entretanto, a tecnologia de processo está bastante evidente no processamento de consumidores. Para qualquer voo de avião, por exemplo, a tecnologia de reserva de passagens aéreas, a tecnologia de embarque e mesmo a tecnologia da aeronave propriamente desempenham papel vital para o fornecimento do serviço. O elemento humano é, sem dúvida alguma, importante – a aeronave não poderia voar sem o piloto, nem uma refeição seria servida sem a aeromoça. No entanto, em alguns casos, o elemento humano foi removido completa ou significativamente reduzido. Por

12. Bar coding the poor. *The Economist*, 25 Jan. 1997.

Tabela 8.4 Exemplos de aplicação de sistemas especialistas em gestão de operações.<sup>13</sup>

Área de decisão	Questões típicas	Algumas aplicações
Planejamento de capacidade	Qual o tamanho racional para uma unidade? Qual o tamanho da força de trabalho para nosso sistema de operações?	PEP, CAPLAN
Localização da unidade	Qual é o melhor local geográfico para localizar a operação?	FADES
Arranjo físico da unidade	Como deveríamos arranjar o equipamento em nossa unidade?	CRAFT, CORELAP, WORKPLACE DESIGNER
Planejamento agregado	Quais deveriam ser as taxas de saída e os níveis de pessoal para essa unidade?	PATRIARCH, CAPLANLITE
Projeto de produto	O projeto do produto ajusta-se à capacidade da empresa de produzi-lo?	XCON, CDX
Programação	Quais consumidores ou tarefas deveriam receber prioridade máxima?	ISIS, MARS
Gestão de qualidade	Como melhor alcançaremos nossos objetivos de qualidade? O processo é capaz de atender às especificações?	PL, DEFT
Controle de estoque	Quanto estoque necessitamos ter em nossa loja? Como devemos controlar o estoque?	IVAN, LOGIX, RIM
Manutenção	Onde temos problemas em nosso equipamento? Que tipo de medidas deveremos tomar para controlar ou remover esse problema?	DELTA/CATS

exemplo, a cadeia de hotéis Formule 1 descrita no Capítulo 1 utiliza máquinas para registrar hóspedes no guichê de entrada, receber pagamento e entregar as chaves, em momentos em que o hotel está sem atendente.

Como muitos outros tipos de tecnologia de processamento de consumidor, o objetivo é oferecer nível aceitável de serviço e, ao mesmo tempo, reduzir os custos da operação.

Existem essencialmente dois tipos de tecnologias de processamento de consumidor, aquelas em que o consumidor interage diretamente com a tecnologia e aquelas em que a tecnologia é operada mediante intermediário. Quando se faz a reserva de quarto de hotel, de assento de avião ou de espetáculo de teatro, por exemplo, pode-se re-

servar diretamente interagindo com o computador da reserva via Internet ou mediante intermediário que faz a reserva por você (uma secretária, assessor pessoal ou agente de viagens).

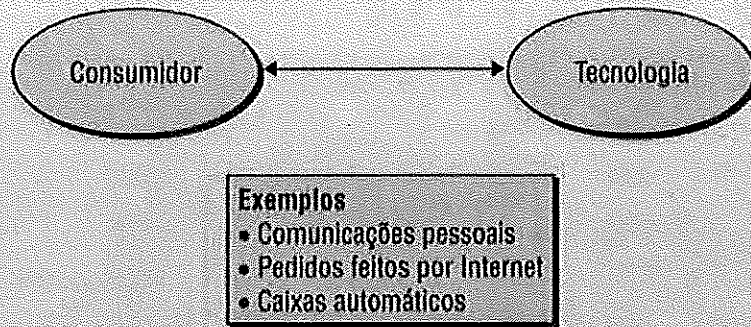
### Tecnologia que envolve interação com o consumidor

Carros, telefones, reservas e compras por Internet, equipamento de ginástica e máquinas automáticas (ATMs – caixas automáticos) são todos exemplos de tecnologia em que o consumidor interage diretamente. Nesses casos, os consumidores estão “dirigindo” a tecnologia para oferecer os serviços para si mesmos (veja a Figura 8.8). Em um voo de avião, por exemplo, o passageiro pode escolher o uso de equipamentos de diversão oferecidos. Pode ser uma tela individual de vídeo ou fones de ouvido, que podem ser usados para assistir a filmes ou ouvir músicas. O

<sup>13</sup> Adaptada de JAYARAMAN, V.; SRIVASTARA, R. Expert systems in production and operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 16, n° 2, 1996.

Tabela 8.5 *Resumo das tecnologias de processamento de informação.*

<b>Rede locais</b>	
O que fazem?	Permitem aos processadores de informações descentralizados, como computadores pessoais, estabelecerem comunicação entre si, com dispositivos compartilhados por distância limitada.
Como fazem?	Por meio de uma rede de cabos e protocolos de comunicação compartilhados.
Quais vantagens proporcionam?	Flexibilidade, acesso fácil a outros usuários, base de dados e aplicações de <i>software</i> compartilhados.
Quais restrições impõem?	O custo inicial de instalação da rede pode ser alto.
<b>Internet</b>	
O que faz?	Conecta LANs e WANs, que oferecem rede integrada.
Como faz?	<i>Packet switching</i> , que permite o envio simultâneo de muitas mensagens.
Quais vantagens proporciona?	Permite acesso à rede World Wide Web (WWW) e ao sistema de hipertexto e hipermídia distribuídos. Isso possui implicações para a maioria senão todas as tarefas de gestão de operações.
Quais restrições impõe?	Uma mídia de desenvolvimento rápido, com potencial para "sobrecarga de informação".
<b>Extranet</b>	
O que faz?	Permite às empresas permutar informações seguras eletronicamente.
Como faz?	Por meio da conexão via Internet, permite a clientes, fornecedores e bancos permutar informações de comércio.
Quais vantagens proporciona?	Permite aplicações como intercâmbio eletrônico de dados (EDI).
Quais restrições impõe?	O custo inicial de instalação da rede pode ser alto e são necessárias habilidades de sistemas para integrar EDI às redes internas. Isso pode ser particularmente desencorajante para pequenos fornecedores.
<b>Sistemas de suporte de decisão (DSSs)</b>	
O que fazem?	Fornecem informação para ajudar o processo decisório.
Como fazem?	Usam o estoque de dados, modelos e formatos de apresentação para estruturar a informação e apresentar as conseqüências das decisões.
Quais vantagens proporcionam?	Acrescentam rapidez e sofisticação ao processo decisório.
Quais restrições impõem?	Podem ser caros para instalar e podem induzir a "sobrecarga de análise". São também dependentes da qualidade de dados e modelos.
<b>Sistemas especialistas (ESs)</b>	
O que fazem?	Tomam decisões operacionais.
Como fazem?	Imitando o processo decisório humano, utilizam base de dados e conhecimento, além de um motor de inferência.
Quais vantagens proporcionam?	Tiram das mãos humanas a responsabilidade por decisões de rotina, que economizam tempo e ganham consistência.
Quais restrições impõem?	É caro produzir modelo decisório e servem apenas para problemas limitados.



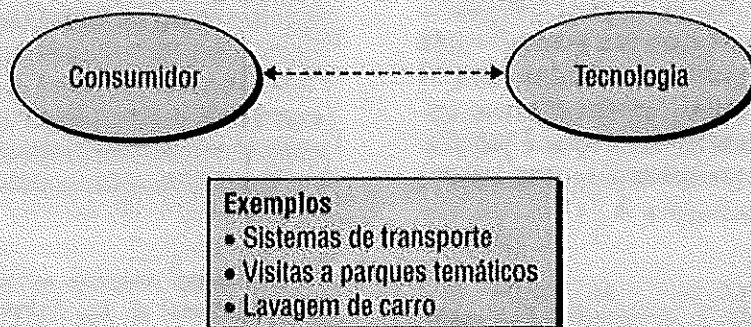
**Figura 8.8** Interação ativa com tecnologia.

passageiro pode, ainda, usar equipamento de telecomunicação no próprio assento a fim de reservar hotéis ou alugar carros. Nesses casos, o consumidor tem o controle da tecnologia.

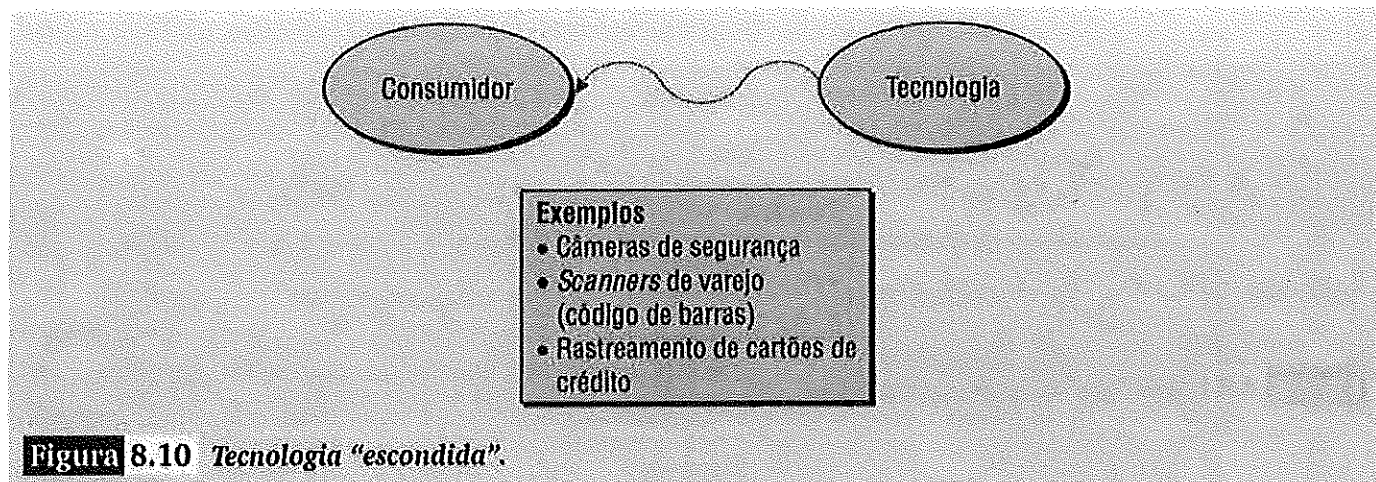
Algumas vezes, o consumidor pode ter papel mais passivo, como ser apenas “passageiro” em uma aeronave, em sistema de transporte de massa, em esteiras rolantes e elevadores, cinemas e parques temáticos. Essa tecnologia direciona o consumidor ao invés do inverso. Nesses casos, os consumidores estão interagindo com a tecnologia, mas a tecnologia os “processa” e os controla ao limitar suas ações de alguma forma. A tecnologia ajuda a reduzir a variedade da operação. A Figura 8.9 ilustra essa classe de tecnologia em termos de consumidores, pessoal e tecnologia.

Algumas vezes, os consumidores podem não estar cientes da tecnologia, que, embora não esteja exatamente escondida, pode ser “invisível” ou “transparente”. A tecnologia está “consciente” dos consumidores, mas não o inverso; por exemplo, as tecnologias de monitoramento de segurança em *shopping centers* ou nas áreas de alfân-

dega de fronteira. O objetivo dessas tecnologias “escondidas” é que o pessoal rastreie os movimentos ou as transações dos consumidores de forma não intrusiva. Os supermercados, por exemplo, podem usar tecnologias de código de barras e *scanner* para rastrear o movimento dos consumidores pela loja e indicar o relacionamento entre as propensões dos consumidores a comprar determinados produtos em particular – por exemplo, os consumidores que compram peixe congelado também compram batata congelada? Suponhamos que um varejista queira vender brinquedos pequenos, colocando-os em mostruário próximo das roupas de crianças. Os dados dos códigos de barras lidos na saída indicam que esses dois tipos de produtos foram comprados pelos mesmos consumidores com mais frequência quando foram colocados próximos uns dos outros. Isso confirmaria a decisão de usar o mostruário na loja. A mesma tecnologia poderia, por exemplo, enviar para um consumidor um *voucher* de desconto para um dos produtos, somente se ele tivesse comprado uma marca rival. A Figura 8.10 ilustra a natureza do relacionamento nesse tipo de tecnologia. As companhias de cartões de



**Figura 8.9** Interação passiva com tecnologia.



**Figura 8.10** Tecnologia “escondida”.

crédito e as companhias aéreas também usam essa abordagem para melhor atingir seu público-alvo com marketing de privilégios aos passageiros frequentes.

### Interação com tecnologia por intermediário

Quando os consumidores de uma linha aérea fazem os procedimentos de embarque, ganham os cartões de embarque. Eles podem escolher fazer isso por intermédio de máquina automática de embarque ou mediante intermediário. O intermediário pode ser agente de viagens ou funcionário da companhia aérea no guichê de embarque. O benefício para o consumidor é um serviço mais flexível, uma vez que o sistema automático pode não aceitar pedidos especiais de refeições ou assentos. Um intermediário que lida com o complexo sistema aéreo pode ser capaz de atender pedidos. Nesses casos, o consumidor não utiliza diretamente a tecnologia; o funcionário o faz no lugar do consumidor. O consumidor pode “navegar”<sup>14</sup> ou guiar o processo, mas não o “dirige”. A tecnologia pode mesmo ser arranjada para ajudar os consumidores a navegar pelo processo. Por exemplo, algumas linhas aéreas possuem tela com o arranjo físico das poltronas viradas para os passageiros, que mostra quais assentos ainda estão vagos. Isso, no entanto, é uma ajuda para os consumidores que não possuem contato direto com a tecnologia (veja a Figura 8.11).

14 WALLEEY, P.; AMIN, V. Automation in a customer contact environment. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 14, n° 5, p. 86-100, 1994.

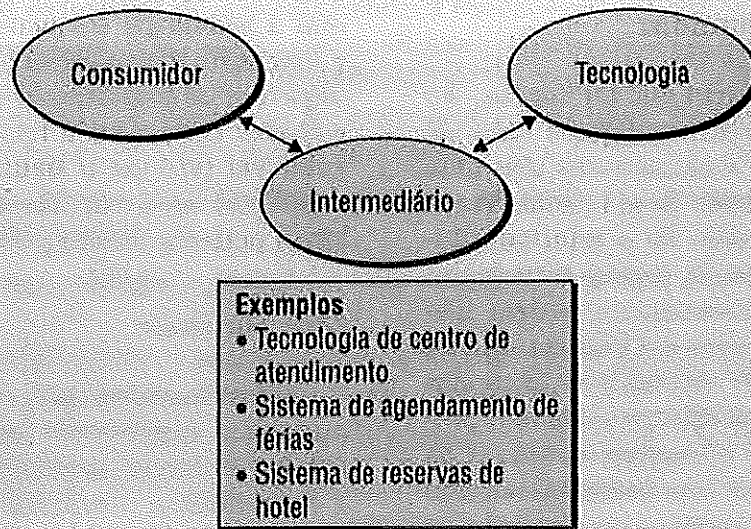
Outros exemplos desse tipo de tecnologia são os sistemas de reservas em hotéis ou teatros, as linhas de ajuda aos consumidores utilizadas por companhias de serviço público, os sistemas de rastreamento de entregas feitas por serviços de correio expressos e os sistemas de reservas em agências de viagens.

A principal preocupação no desenvolvimento desses tipos de tecnologia, sejam aeronaves ou robôs médicos, é a segurança dos consumidores. Por definição, essa classe de tecnologia está processando consumidores e está fora do controle deles. A tecnologia precisa, portanto, possuir o potencial de causar mal ao consumidor. Essa é a razão pela qual o transporte aéreo, assim como quase todas as outras tecnologias de transporte, é submetido a rigorosa legislação governamental. De forma semelhante ocorre com as tecnologias médicas – o ritmo de progresso do uso de robôs em cirurgias, por exemplo, é relativamente lento, não devido a restrições tecnológicas, mas porque os cirurgiões não podem colocar em risco a vida de seus pacientes.

### Tecnologia em medicina<sup>15</sup>

As inovações tecnológicas em medicina relatadas na imprensa normalmente enfatizam aquelas dramáticas “curas miraculosas” que melhoraram, indubitavelmente, a qualidade dos cuidados médicos. No entanto, grande número de mudanças em tecnologia de processos médicos teve também grande impacto na forma com que as

15 Know your ailment without taking up the doctor's time. *The Times*, 24 Apr. 1996; Big sister is watching you. *The Economist*, 11 Jan. 1997; How doctors improved their bedside manners. *The Times*, 11 Sept. 1996; Robodoc. *The Economist*, 15 June 1996.



**Figura 8.11** Uso de tecnologia via intermediário.

atividades na área de saúde passaram a ser gerenciadas. Apresentamos aqui alguns exemplos.

Mesmo em cirurgia, considerada a área máxima de habilidade humana, a tecnologia de robô está tornando-se mais comum. Enquanto a mão do mais experiente cirurgião treme ligeiramente, o braço do robô permanece firme. Algumas aplicações movem instrumentos dentro do corpo do paciente sob o comando do cirurgião. Mais radicalmente, robôs têm sido utilizados para a remoção de tecido mole. Por exemplo, a tecnologia PRODOT desenvolvida no Hospital do Homem em Londres é especializada em cirurgia da próstata. Guiado por um *scanner* ultra-sônico (que, normalmente, pode enxergar através da carne), o robô examina a área a ser operada e converte sua leitura em imagem tridimensional. Dessa forma, o cirurgião pode identificar o tecido a ser removido, o que posteriormente é feito com sonda eletrônica. O cirurgião, no entanto, é quem controla todo o processo.

É rotina em enfermarias hospitalares de todo o mundo. Todos os dias, aproximadamente no mesmo horário, o médico "vai de leito em leito" de sua enfermaria checar o progresso de seus pacientes. Como de costume, antes da ronda, consulta o prontuário de cada paciente para recordar sua recente história e condição. Isso consome algo entre 30 e 60 minutos. Em alguns hospitais, no entanto, esse tempo foi virtualmente eliminado por meio do uso de computadores portáteis conectados por rádio. Os médicos levam seus computadores e podem ter acesso às informações mediante receptor de rádio. Se necessário, eles podem atualizar e alterar as prescrições do tratamento instantaneamente. Igualmente importante é o fato de os pacientes poderem ter acesso ao próprio tratamento. Preferências e opiniões podem ser arquivadas e adicionadas ao banco de dados central, que possibilita que outros médicos, fisioterapeutas, nutricionistas ou assistentes sociais tenham acesso a elas.

É chamada telemedicina e desafia um dos princípios fundamentais do tratamento médico – a presença física dos médicos no momento do exame do paciente. Conectados aos pacientes por uma tela de televisão, um teclado e uma câmera, a enfermeira pode se comunicar com eles e digitar as respostas no computador conforme os pacientes falam. Usando instrumentos eletrônicos simples, os pacientes podem também medir seu próprio pulso e sua temperatura enquanto estão sendo filmados. Os defensores da telemedicina enumeram suas vantagens: o sistema pode fazer uso de sistemas de apoio decisório a diagnósticos, os quais fornecem diagnósticos precisos e consistentes; os pacientes podem ter acesso conveniente a aconselhamento médico com menos visitas ao hospital; e, o mais importante, as enfermeiras podem ver até 15 pacientes em quatro horas, enquanto que, ao visitá-las em casa, conseguirão ver somente cinco ou seis pacientes por dia. Mesmo considerando os custos da tecnologia, a telemedicina apresenta economia significativa de custo, particularmente em áreas rurais ou remotas.

A tela do computador pode também ser usada para educar ou tranquilizar os pacientes sem necessidade de acesso à equipe médica. Por exemplo, a multimídia "MediBooks" tem sido usada no hospital St. Thomas, em Londres, para ajudar os pacientes a entender sua própria situação. Utiliza telas interativas, coloridas e grandes, e os pacientes podem ser guiados por um pacote de CD-ROM sobre os vários aspectos de sua condição, ilustrados com narrativas e diagramas.

#### Questão

Considerando a perspectiva da gestão de operações, quais são as maiores vantagens e problemas prováveis da aplicação de cada tecnologia descrita anteriormente?

## Treinamento de consumidor

Se os consumidores têm que ter contato direto com tecnologia, devem ter alguma idéia de como operá-la. Onde os consumidores têm uma interação ativa, as limitações de seu conhecimento sobre a tecnologia podem ser o principal obstáculo a seu uso. Por exemplo, mesmo tecnologias domésticas, como os videocassetes, podem não ser usadas em seu total potencial pela maioria de seus proprietários. Outras tecnologias "dirigidas por consumidores" podem encarar o mesmo problema, com o importante acréscimo de que, se os consumidores não podem usar tecnologias como os ATMs, existem sérias conseqüências comerciais para o serviço ao consumidor de banco. O pessoal em operações de manufatura pode precisar de diversos anos de treinamento antes que lhe seja dado o controle da tecnologia que opera. As operações de serviços raramente têm a mesma oportunidade para treinamento dos consumidores.

Walley e Amin<sup>16</sup> sugerem que a habilidade de a operação treinar seus consumidores no uso de sua tecnologia depende de alguns fatores.

### Complexidade do serviço

Se os serviços são complexos de operar, níveis mais altos de treinamento serão necessários para garantir o uso correto da tecnologia. Alternativamente, a necessidade de treinamento do consumidor pode ser reduzida se a complexidade operacional for minimizada. Em alguns casos, o treinamento é feito por meio de os consumidores potenciais observarem consumidores experientes desempenhando a tarefa corretamente. Por exemplo, a tecnologia em parques de diversão e quiosques de *fast food* confia em um consumidor copiando o comportamento dos outros.

### Repetição do serviço

A freqüência com que a tecnologia é usada é fator importante em dois aspectos. Primeiro, se um serviço tem que investir em treinamento de consumidor para a tecnologia, então o retorno sobre o investimento será maior se o consumidor

usar a tecnologia freqüentemente. Quanto maior a repetição, mais valioso torna-se o investimento. Segundo, os consumidores podem, com o tempo, esquecer como usar a tecnologia. A repetição regular vai reforçar o treinamento. Inversamente, se os consumidores não usam a tecnologia por longo período, podem precisar de retreinamento.

### Baixa variedade

O treinamento será mais fácil se ao consumidor for apresentada baixa variedade de tarefas. Por exemplo, as máquinas de vendas tendem a concentrar-se em categoria de produto, assim, a seqüência de tarefas para operar a tecnologia de maneira adequada permanece consistente.

## Resumo das tecnologias de processamento do consumidor

Embora exista menos consenso sobre como classificar as tecnologias de processamento do consumidor, comparado a outros tipos de tecnologias, incluímos na Tabela 8.6 tecnologias mencionadas anteriormente para ilustrar suas características gerais.

## TECNOLOGIAS INTEGRADORAS

Algumas tecnologias, normalmente centradas em processamento de informação, processam combinação de material, consumidores e informação (veja a Figura 8.12).

Tecnologia de ponto-de-venda eletrônico (EPOS), por exemplo, processa compradores, produtos e informação. A caixa registradora (com a ajuda de um intermediário – o caixa) processa consumidores ao somar suas compras, processar seu cartão de crédito e fornecer recibo que detalha todos os produtos comprados e seus preços. Em algumas lojas, um serviço de banco adicional, *cash-back*, é oferecido. EPOS também processa os materiais da lista de não vendidos para a lista de vendidos, e pelo retorno de suas informações e capacidades de estoque ligadas ao processador central atualiza os registros de estoque e cria pedidos de compras para repor estoques quando estes chegam próximo aos níveis de reposição. Além disso, EPOS fornece informações sobre os sistemas de controle operacional e siste-

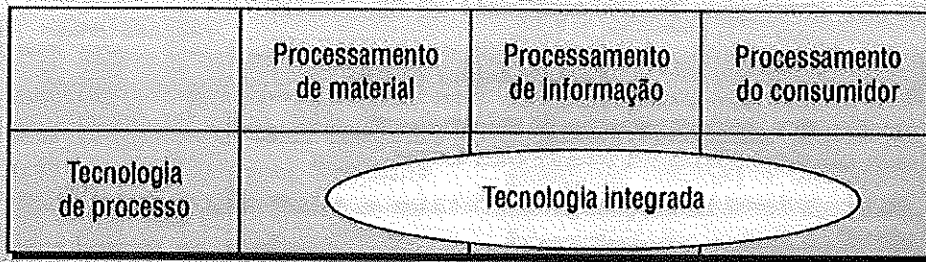
Tabela 8.6 *Resumo das tecnologias de processamento do consumidor.*

<b>Entretenimento a bordo</b>	
O que faz?	Oferece uma gama de serviços de entretenimento, como filmes, TV, rádio e programas de notícias para entreter o passageiro durante vôos longos.
Como faz?	Através de terminais personalizados localizados no assento do passageiro ligados a um processador central.
Quais vantagens propicia?	Mantém os passageiros ocupados e reduz o papel dos atendentes de bordo.
Quais restrições impõe?	Custos iniciais altos e atualização contínua do material e das escolhas de programas, uma vez que os concorrentes estão sempre desenvolvendo mais opções.
<b>Esteiras rolantes</b>	
O que fazem?	Transportam grande número de passageiros por curtas distâncias.
Como fazem?	Simples correias em movimento controladas sob o piso.
Quais vantagens propiciam?	Facilitam viagens longas (particularmente por dentro de aeroportos) para passageiros e melhoram a pontualidade dos aviões ao aumentar o fluxo de deslocamento de passageiros pelos terminais.
Quais restrições impõem?	Custos iniciais mais a natureza fixa da instalação, por exemplo, que não pode ser transferida para áreas de súbita alta demanda.
<b>Leitora de código de barras</b>	
O que faz?	Rastreia itens, por exemplo, seus usos, custos e movimentos.
Como faz?	Conecta itens individuais à central de processamento de informações.
Quais vantagens propicia?	Informação detalhada, fácil e rápida a respeito de itens.
Quais restrições impõe?	Requer uso em larga escala e aceitação do código de barras e convenções comuns.
<b>Embarque aéreo</b>	
O que faz?	Aloca passageiros nas aeronaves e assentos e identifica a movimentação de bagagens.
Como faz?	Conecta o agente de embarque à unidade de processamento central.
Quais vantagens proporciona?	Controla o movimento de passageiros e bagagens e aloca as pessoas a seus assentos.
Quais restrições impõe?	Custos iniciais altos.
<b>Tecnologia de ponto-de-venda eletrônico (EPOS)</b>	
O que faz?	Ajuda o caixa e a função de compras.
Como faz?	Faz a leitura de código de barras, checka os preços, adiciona preços e reduz os níveis de estoque com um processador central.
Quais vantagens oferece?	Processamento rápido de produtos para o consumidor e informação em tempo real sobre o estoque do estabelecimento e seus movimentos.
Quais restrições impõe?	Altos custos de <i>set-up</i> , considerando o número de itens envolvidos, os erros podem ser difíceis de serem rastreados.

mas financeiros, como informações sobre produtos de movimento lento, itens faltantes, rapidez do caixa, rotatividade de estoque e lucratividade.

Alguns sites da Internet podem, também, integrar os três tipos de tecnologia. Por exemplo, um consumidor pode, a princípio, interagir com





**Figura 8.12** Tecnologia integrada.

um *website* de uma empresa para obter informações sobre uma camisa nova ou um CD. Tendo selecionado o produto e fornecido os detalhes de cartão de crédito, a tecnologia interage com as tecnologias de processamento de materiais da organização para criar páginas de ocasião, ou em caso de música automaticamente encontrar o CD ou selecionar faixas e transferi-las digitalmente para o computador do cliente. As distinções feitas entre o que está sendo processado – materiais, consumidores ou informação – começam a ficar indefinidas e, de fato, perdem a importância. Outros exemplos incluem o embarque aéreo, a transferência eletrônica de benefícios (veja quadro) e aplicações em medicina (veja quadro intitulado “Tecnologia em medicina”).

## DIMENSÕES DE TECNOLOGIA

Até aqui, pelo menos uma coisa deve estar clara – a tecnologia de processo vem sob diferentes formas. Isso dificulta generalizar tecnologias que são usadas para variedade tão grande de propósitos. Todas as operações fazem escolhas em relação a suas tecnologias, todavia, sempre há formas alternativas de configurar qualquer tecnologia. A exploração dessas alternativas envolve pensar em três dimensões:

- o grau de *automação* da tecnologia;
- a escala da tecnologia;
- o grau de *integração* da tecnologia.

### Grau de automação da tecnologia

Nenhuma tecnologia opera totalmente sem a intervenção humana. Em alguma medida, todas necessitam de intervenção humana alguma parte do tempo. Pode ser mínima – por exemplo, as in-

tervenções de manutenção preventiva em refinaria petroquímica, ou a ocasional reprogramação de sistema de controle por computador. Inversamente, os membros do pessoal que opera a tecnologia podem ser os “cérebros” do processo – por exemplo, o operador trabalhando um torno mecânico de precisão, ou o cirurgião usando técnicas cirúrgicas pouco agressivas. As tecnologias de processo variam em seu grau de automação. A relação entre o esforço tecnológico e o esforço humano que ela emprega é, algumas vezes, chamada de *intensidade de capital* (*capital intensity*) da tecnologia de processo.

### Benefícios da automação

Dois benefícios do grau crescente de automação em tecnologia de processo são usualmente citados:

- Ele economiza custos de mão-de-obra direta.
- Ele reduz a variabilidade da operação.

A automação é usualmente justificada pelo primeiro, mas é algumas vezes o último que se mostra mais significativo. Não obstante, vale a pena examinar que tipo de trabalho pode ser economizado pela automação em qualquer caso particular.

A mão-de-obra direta pode, freqüentemente, ser economizada, mas isso não significa que o efeito líquido é uma economia de custo global. Os gerentes de produção precisam considerar os seguintes pontos antes de automatizar somente por conta de economia de custos:

- A tecnologia pode desempenhar a tarefa melhor ou de forma mais segura do que uma pessoa (não somente mais rápido,

embora isso possa obviamente ser importante, mas melhor em sentido mais amplo)? A tecnologia pode cometer menos erros, mudar de uma tarefa para a seguinte mais rápido e com mais confiabilidade, ou responder melhor a quebras?

- De que atividades de apoio, como manutenção ou programação, a tecnologia precisa para funcionar efetivamente? Qual seria o efeito sobre os custos indiretos (não somente pessoal extra e habilidades extras que podem ser necessárias, mas também o efeito sobre a crescente complexidade das atividades de apoio)?
- A tecnologia pode lidar com novas possibilidades de produtos ou serviços tão bem como as alternativas menos automatizadas? Essa é uma questão difícil porque ninguém sabe exatamente do que a produção vai precisar para produzir no futuro. Não obstante, é uma questão importante; a automação representa risco tanto quanto oportunidade.
- Qual é o potencial que a criatividade humana e sua capacidade de solução de problemas representam para o aprimoramento do desempenho da máquina? Vale a pena livrar-se do potencial humano junto com os custos?

### Metodologia antes de tecnologia

As tecnologias automatizadas em muitas operações produtivas têm proporcionado o potencial para melhoramento de desempenho, mas há um perigo. A tecnologia pode ser vista como panacéia para todos os males da produção, uma "fixação em tecnologia" que diverge a atenção dos problemas mais fundamentais. Se os métodos e os processos são em si ruins, a tecnologia somente vai acelerar os problemas e não solucioná-los. Aquelas empresas que tentaram a difícil tarefa de separar os benefícios que vêm diretamente do investimento em tecnologia de automação dos benefícios que vêm de metodologia melhorada relatam alguns resultados surpreendentes. Paradoxalmente, o investimento de capital frequentemente torna necessário considerar toda a organização da produção, o que, em retorno, instiga melhoramentos que são independentes da tecnologia para a qual eles estão preparando

do o caminho. Por exemplo, as seguintes frases são extraídas de pesquisas de empresas que instalaram Sistemas Flexíveis de Manufatura.

*"(...) em média 40% dos benefícios previstos para um FMS são, de fato, atingidos antes que o FMS seja entregue. Isto é porque o processo de planejamento em si destacou costumes e práticas que (...) podem ser acertados sem um investimento maior".<sup>17</sup>*

*"Freqüentemente, recebemos estimativas dando conta que aproximadamente metade dos benefícios do FMS foi derivada de mudança gerencial e organizacional baseada no trabalho."<sup>18</sup>*

*"(...) as empresas que operam FMS, e que presumivelmente fizeram algum processo de avaliação formal, tendem a concentrar seus esforços, mais do que outras manufaturas, em melhoramento da qualidade de produto, redução de lead-time e de tempos de preparação e na integração de sistemas de informação e controle."<sup>19</sup>*

Isso não significa que investir em equipamento automatizado de capital intensivo seja perda de tempo; há consideráveis benefícios a serem ganhos em repensar a "metodologia" global de produção, seja feito ou não o investimento subsequente em tecnologia. Talvez a ordem correta seja primeiro melhorar os métodos de produção e somente então investir em tecnologia automatizada onde for necessária.

### Escala da tecnologia

As operações freqüentemente precisam decidir entre adquirir uma unidade de tecnologia de grande escala ou diversas menores. Por exemplo, na duplicação do departamento de grande complexo de escritórios pode ser necessário decidir entre investir em uma única copiadora grande e rápida, ou, alternativamente, em diversas copiadoras menores e mais lentas. Uma empresa aérea

17 BESSANT, J. Op. cit.

18 DEMPSEY, P. New corporate perspectives on FMS. *FMS Conference Proceedings*, IFS, 1983.

19 TOMBAK, M. E.; DE MEYER, A. How the managerial attitudes of firms with FMS differ from other manufacturing firms. *INSEAD Working Paper*, nº 86/15, 1986.

pode comprar um ou dois aviões de grande porte, ou número maior de aviões menores. Uma manufatura pode projetar sua operação em torno de uma única máquina de grande capacidade, ou diversas máquinas menores. Não importa qual a tecnologia, há usualmente alternativas quanto ao tamanho de uma máquina que seria sensato adquirir. As economias da tecnologia em si vão influenciar a decisão. Alguma tecnologia de processo, como o avião intercontinental, as refinarias petroquímicas ou as fábricas de aço, beneficia-se da escala, e assim tendem a vir grandes incrementos de capacidade. Outras, como os computadores pessoais ou os ATMs (caixas automáticos), por exemplo, são eficientes quando operam em pequena escala.

As vantagens das tecnologias de grande escala são similares às vantagens dos incrementos de grandes capacidades discutidos no Capítulo 6 e são resumidas na Tabela 8.7.

Muitas das vantagens das tecnologias de grande escala estão ligadas às vantagens de custo que elas podem trazer. Entretanto, a agilidade e a flexibilidade podem ser virtudes de tecnologias de menor escala. A flexibilidade de *mix* (veja Capítulo 2), especialmente, é melhorada. Por exemplo, quatro pequenas máquinas podem, entre si, produzir quatro diferentes produtos simultaneamente (embora mais vagarosamente), enquanto uma máquina grande com o quádruplo de capacidade pode produzir produto quatro vezes mais rápido. As tecnologias de pequena escala também são mais robustas. Suponhamos que a escolha seja entre três pequenas máquinas e duas maiores. No primeiro caso, se uma máquina quebra, um terço da capacidade é perdida, mas no

segundo a capacidade é reduzida à metade. Também é mais fácil tirar vantagem de melhorias de tecnologia com tecnologias de pequena escala. Comprar uma máquina pequena, exatamente na medida das atuais necessidades, permite à operação comprar a mais recente tecnologia quando a demanda aumentar.

### Grau de integração da tecnologia

Integração significa a ligação, com único sistema, de atividades anteriormente separadas. Essa questão surgiu em pontos anteriores deste capítulo. Por exemplo, o desenvolvimento tecnológico representado pelas redes de área locais é justamente o da integração. De maneira similar, o desenvolvimento de tecnologias avançadas de manufatura é o resultado da integração baseada em microprocessador.

### Integração, sincronização e rapidez

Os benefícios da integração vêm diretamente dos efeitos da combinação de diversas unidades de tecnologia separadas em um todo sincronizado simples. Primeiro, existe atravessamento (*throughput*) mais rápido, de informações ou de materiais. Por exemplo, em um FMS não há nenhuma tomada de decisão intermáquinas sobre qual trabalho tem prioridade. Segundo, e como consequência da velocidade de atravessamento, o estoque de materiais ou informações será menor – ele não pode acumular-se quando não há “lacunas” entre atividades. Terceiro, o fluxo é simples e previsível. É mais fácil manter a rastreabilidade

Tabela 8.7 Vantagens das tecnologias de grande escala e de pequena escala.

Vantagens da tecnologia de grande escala	Vantagens da tecnologia de pequena escala
As economias de escala podem levar a custos menores por produto ou serviço entregue	Boa flexibilidade de <i>mix</i> – cada unidade de tecnologia pode estar engajada em diferentes atividades
Custos de capital mais baixos por unidade de capacidade	Alta robustez contra falhas
Pode incorporar elementos de apoio e de controle na tecnologia (por exemplo, instalações de “sanitários” em ônibus grandes)	Risco de obsolescência mais baixo
Pode trabalhar de forma compartilhada para melhor utilização (por exemplo, processamento em lotes em sistemas de computadores centralizados)	Podem ser alocadas mais perto de onde a tecnologia é necessária

de peças, quando passam por menos etapas, ou de informações, quando são automaticamente distribuídas para todas as partes de uma rede de informação. A tecnologia integrada pode ser mais cara. Por exemplo, em manufatura, mesmo um simples acoplamento entre máquinas para manuseio de material é caro. Além disso, quanto mais integrada é a tecnologia, mais altas podem ser as habilidades que são necessárias para mantê-la. Quando ocorrem falhas, todo o sistema integrado provavelmente vai parar. Em um sentido, isso faz a fábrica integrada mais vulnerável.

## ESCOLHAS DE TECNOLOGIA

Entender as tecnologias de processo e ser capaz de caracterizar suas diferentes dimensões são habilidades essenciais para todos os gerentes de produção. Somente assim serão capazes de gerenciar a contribuição da tecnologia de processo à eficácia das operações. Entretanto, a decisão relacionada à tecnologia mais comum que os gerentes terão que tomar é a escolha entre tecnologias alternativas ou entre variantes alternativas da mesma tecnologia. Como em muitas decisões de projeto, a escolha de tecnologia é um tópico relativamente a longo prazo. Pode ter um efeito significativo na capacidade estratégica da operação. Assim, para poder fazer escolhas de tecnologia, é útil retornar a duas perspectivas de estratégia de operações discutidas no Capítulo 3. Ali, distinguimos entre a perspectiva das *exigências de mercado*, que enfatiza a importância de se satisfazer às necessidades do consumidor, e a perspectiva dos *recursos de produção*, que enfatiza a importância de se construir habilidades intrínsecas de produção.

Ambas fornecem visões úteis para a escolha de tecnologia. Adicionalmente, a perspectiva financeira mais convencional é igualmente importante. Juntas, essas três perspectivas oferecem questões importantes que podem ajudar a formar a base para a avaliação da tecnologia:

- Qual o efeito que a tecnologia proposta terá para a habilidade da operação de servir a seus mercados?
- Como a tecnologia proposta ajudará a construir as capacitações de recursos da operação?

- Quais são as conseqüências financeiras de se investir na tecnologia?

## Avaliação das exigências do mercado

Nos Capítulos 2 e 3, identificamos os cinco *objetivos de desempenho* como os mecanismos usados por gestão de operações para "traduzir" as exigências de mercado em objetivos de operações. Portanto, abordagem interessante para a avaliação do impacto de qualquer tecnologia de processo sobre a habilidade da operação produtiva em servir seus mercados é avaliar como ela afeta a qualidade, a rapidez, a confiabilidade, a flexibilidade e o desempenho de custo da operação.

Tecnologia pode ter um impacto em cada objetivo de desempenho. Por exemplo, considere um armazém que estoca peças sobressalentes, que embala e distribui para seus clientes. Está sendo considerada a possibilidade de se investir em novo sistema de "separação e empacotamento" que converta os pedidos de vendas em "listas de separação" e que use equipamento de manuseio de material para pegar automaticamente os produtos das prateleiras e trazê-los para a área de empacotamento. A avaliação das exigências de mercado para esse armazém pode ser a seguinte:

- *Qualidade.* O impacto na qualidade poderia ser o fato de o sistema computadorizado não estar sujeito a erro humano, o que poderia anteriormente ocasionar a retirada de peça errada da prateleira.
- *Rapidez.* O novo sistema pode recuperar produtos das prateleiras mais rápido do que os operadores humanos.
- *Confiabilidade.* Isso dependerá de quanto confiável for o novo sistema. Se for menos provável de quebrar do que os operadores, de faltar no sistema anterior (por doença etc.), então o sistema pode melhorar a confiabilidade.
- *Flexibilidade.* A flexibilidade do novo sistema não deve ser tão boa quanto do sistema manual anterior. Por exemplo, existirá limite físico para o tamanho dos produtos a serem buscados pelo sistema automático, enquanto os operadores são capazes de se adaptar e executar novas

tarefas de diferentes formas. A flexibilidade de *mix* será sempre mais pobre do que no caso anterior, pela mesma razão. Flexibilidade de volume (e talvez de entrega), entretanto, pode ser melhor. O novo sistema pode trabalhar por mais horas quando a demanda for maior que a esperada ou houver mudanças em prazos.

- **Custo.** O novo sistema certamente exigirá menos funcionários diretos para trabalhar no armazém, mas necessitará de apoio extra de engenharia e de manutenção. No geral, no entanto, é provável que os custos de mão-de-obra sejam menores.

### Avaliação quanto aos recursos das operações

A aquisição de novos recursos, especialmente tecnologia de processo, causará impacto nas restrições e capacitações intrínsecas da operação produtiva. Por restrições entendemos tudo o que for difícil executar devido à compra da tecnologia. Por capacitações entendemos tudo o que a operação poderá executar com base na compra da tecnologia. Note que as restrições e capacitações não são o que a operação necessariamente executa, mas o que pode executar. Em outras palavras, essa avaliação dos recursos da operação está estimando o potencial que a empresa está adquirindo por meio da tecnologia de processo. Vamos retornar ao exemplo do armazém descrito anteriormente.

#### Restrições

As maiores restrições impostas pelo novo processo de tecnologia no armazém dizem respeito à incapacidade do sistema de lidar com produtos de vários tamanhos, ou com súbita combinação diferente de produtos estocados no armazém. Embora essas restrições não sejam um problema sério, considerando as necessidades atuais do mercado da empresa, impõem alguma rigidez em termos de mercados que a empresa possa vir a perseguir no futuro.

#### Capacitações

A nova tecnologia permite à empresa fazer a ligação entre seus sistemas de processamento de

informações de pedidos de vendas, diretamente, e os sistemas de gestão do armazém. Isso pode ser o primeiro passo para um sistema de gestão de cadeia de suprimentos completamente integrado que supervisione toda a gestão de oferta e demanda para a empresa. Assim, a nova tecnologia oferecerá oportunidade para a empresa aprender como podem funcionar tais sistemas. As questões-chaves aqui podem estar relacionadas com a possibilidade de nova tecnologia ser expandida nessa direção. Caso seja confirmada tal possibilidade, isso significará que o conhecimento adquirido pela empresa na gestão dessa tecnologia poderá ser explorado no futuro.

### Avaliação financeira

Avaliar o valor financeiro de se investir na tecnologia de processo é um assunto especializado. Embora não seja o objetivo deste livro aprofundar os detalhes da análise financeira, é importante enfatizar uma questão central para essa avaliação: embora os benefícios do investimento da tecnologia possam ser distribuídos por um longo período no futuro, os custos associados ao investimento normalmente ocorrem logo no início. Portanto, precisamos considerar o *valor do dinheiro no tempo*. Em termos simples, isso significa que receber \$ 1.000 agora é melhor do que receber \$ 1.000 daqui a um ano. Receber \$ 1.000 hoje permite-nos investir o dinheiro para que possa valer mais do que os \$ 1.000 recebidos daqui a um ano. Alternativamente, revertendo a lógica, podemos perguntar-nos quanto teremos que investir agora para obtermos \$ 1.000 em um ano. Esta quantia (menor que \$ 1.000) é chamada de *valor presente líquido* da quantia a ser recebida em um ano correspondente a \$ 1.000.

Por exemplo, suponha que as taxas de juros correntes sejam 10% ao ano; a quantia que teríamos que investir para obtermos \$ 1.000 em um ano é:

$$\$ 1.000 \times 1/1,10 = \$ 909,10$$

Portanto, o valor presente de \$ 1.000 daqui a um ano, *descontado o fato de não o termos imediatamente*, é \$ 909,10. A quantia que teríamos de investir para conseguirmos \$ 1.000 em dois anos é:

$$\begin{aligned} & \$ 1.000 \times 1/(1,10) \times 1/(1,10) = \\ & = \$ 1.000 \times 1/(1,10)^2 = \$ 826,50 \end{aligned}$$

A taxa de juros assumida (10% em nosso caso) é conhecida como *taxa de desconto ou de oportunidade*. De forma geral, o valor presente de \$ *x* para um período de *n* anos, considerando uma taxa de desconto de *r*%, é:

$$\$ x / (1 + r/100)^n$$

**Exemplo resolvido**

O armazém que temos usado como exemplo foi submetido a um exercício de custo e economia de custo. O custo de capital de comprar e instalar a nova tecnologia pode ser diluído por três anos, e a partir do primeiro ano de seu uso efetivo, os custos gerais de economia da operação serão calculados. Combinando o dinheiro que a empresa terá de gastar e a economia conseguida, o fluxo de caixa por ano da empresa é mostrado na Tabela 8.8.

Entretanto, esse fluxo de caixa precisou ser descontado para poder-se avaliar seu "valor presente". Aqui, a empresa está usando taxa de desconto de 10%. Isso também é mostrado na Tabela 8.8. A vida útil efetiva assumida da tecnologia é de seis anos:

O fluxo de caixa total (quantia total de todos os fluxos de caixa) = \$ 1,38 milhões.

No entanto, o valor presente líquido (NPV) = \$ 816.500.

Esse valor é considerado aceitável para a empresa.

**RESUMO DAS RESPOSTAS A QUESTÕES-CHAVES**

**O que é tecnologia de processo?**

- Tecnologia de processo é o conjunto de máquinas, equipamentos ou dispositivos que ajudam as operações a transformar seus materiais, informações ou consumidores.
- Os gerentes de operações não necessitam saber detalhes técnicos de todas as tecnologias, mas precisam saber responder às seguintes questões: O que fazem? Como fa-

zem? Quais vantagens propiciam? Quais restrições impõem?

**Quais são as tecnologias de processamento de materiais mais significativas?**

- Tecnologias que vão causar impacto especial incluem máquinas-ferramentas de controle numérico, robôs, veículos guiados automaticamente, sistemas flexíveis de manufatura e sistemas de manufatura integrada por computador.
- Cada uma dessas tecnologias vai acarretar um nível diferente de integração entre os quatro elementos básicos: projeto, controle, manuseio e gestão de materiais.

**Quais são as tecnologias de processamento de informações mais significativas?**

- As tecnologias significativas incluem redes de áreas locais (LANs) e redes de áreas amplas (WANs), intercâmbio eletrônico de dados (EDI), Internet, e as redes World Wide Web e extranet. Estas últimas tecnologias são de particular importância e incluem a integração de computação com tecnologia de comunicações.
- Dentro dessas tecnologias de informação, incluímos também desenvolvimentos, como sistemas de informação gerencial, sistemas de suporte de decisão e sistemas especialistas.

**Quais são as tecnologias de processamento de consumidores mais significativas?**

- Não existe um acordo universal a respeito da classificação de tecnologias de processamento de consumidores, como existe com tecnologias de processamento de materiais e informações.
- A forma como classificamos as tecnologias aqui usa a natureza da interação entre

Tabela 8.8 Fluxo de caixa para a tecnologia de processo do armazém.

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
Fluxo de caixa (\$ 000)	- 300	30	50	400	400	400	400	0
Valor presente (descontado 10%)	- 300	27,27	41,30	300,53	273,21	248,37	225,79	0

consumidores, funcionários e a tecnologia propriamente dita. Com base nessa classificação, as tecnologias podem ser categorizadas como aquelas com interação direta com os consumidores e aquelas que são operadas por um intermediário.

### Quais são as características genéricas da tecnologia de processo?

- Todas as tecnologias podem ser conceituadas com base em três dimensões: o nível de automação da tecnologia, a escala da tecnologia e o grau de integração da tecnologia.

### Como a tecnologia de processo é escolhida?

- A tecnologia de processo pode ser avaliada julgando-se três dimensões – as exigências de mercado, os recursos da operação e a avaliação financeira.
- A avaliação, segundo as exigências de mercado, inclui estimar o impacto que a tecnologia de processo terá sobre os objetivos de desempenho da operação (qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo).
- A avaliação segundo as exigências de recursos das operações envolve julgar as restrições e capacitações que a tecnologia de processo trará.
- A avaliação financeira envolve o uso de algumas abordagens comuns de avaliação, como a do valor presente líquido.

Tabela 8.9 Comparação das duas máquinas alternativas.

	CHEMLING	AFU
Custo de capital	£ 590.000	£ 880.000
Custos de processamento	Fixos: £ 15.000/mês Variável: £ 750/kg	Fixos: £ 40.000/mês Variáveis: £ 600/kg
Capacidade de projeto	105 kg/mês 98% ± 0,7% de pureza	140 kg/mês 99,5% ± 0,2% de pureza
Qualidade	Teste manual	Teste automático
Manutenção	Adequada nas necessidades de assistência técnica	Não conhecida – provável ser boa
Serviços pós-vendas	Muito bons	Não conhecidos – provavelmente bons
Entrega	Três meses	Imediata

### ESTUDO DE CASO

#### Rochem Ltd.

O Dr. Rhodes estava perdendo sua paciência.

*"Seria uma simples decisão. Há somente duas alternativas. Vocês somente estão sendo solicitados a escolher uma máquina!"*

O Comitê Gerencial olhou envergonhado.

A Rochem Ltd. era uma das maiores companhias de fornecimento à indústria de processamento de alimentos. Seu sucesso inicial veio com um conservante alimentar, usado especialmente para produtos de carne, e comercializado sob o nome de "Lerentyl". Outros produtos foram subsequentemente desenvolvidos nos campos de coloração alimentar e revestimento de recipientes alimentares, de modo que agora o Lerentyl representava somente 25% das vendas da empresa, o que era atualmente pouco maior que £ 10 milhões.

#### Decisão

O problema sobre o qual ocorreu tal controvérsia relacionava-se com a substituição de uma das unidades de processo usadas para manufatura do Lerentyl. Somente duas dessas unidades eram usadas, ambas eram máquinas "Chemling". Era a mais velha das máquinas Chemling que estava dando problemas. Alto número de quebras, com níveis de qualidade oscilantes, significando que os requisitos dos níveis de saída estavam sendo atingidos por pouca margem. O problema era: a companhia deveria substituir a Chemling mais velha por uma Chemling nova, ou deveria comprar da única outra fábrica no mercado capaz de fornecer o processo requerido, a unidade "AFU"? O pessoal do Químico Chefe tinha delineado uma comparação das duas unidades, mostrada na Tabela 8.9.

O corpo que considerou o problema era o recentemente formado Comitê Gerencial. O comitê consistia em quatro administradores seniores na firma: o Químico Chefe e o Gerente de Marketing, que estavam na firma desde seu início, juntos com o Gerente de Produção e o Contador, ambos os quais tinham entrado na companhia há apenas seis meses.

O que segue é a versão condensada da informação apresentada pelos gerentes ao comitê, junto com suas atitudes em relação à decisão.

### Gerente de Marketing

O mercado atual para esse tipo de conservante atingiu a soma de £ 5 milhões dos quais a Rochem Ltd. supria aproximadamente 48%. Ultimamente, tem havido mudanças significativas no mercado – em particular, muitos usuários de conservantes puderam comprar produtos similares ao Lerentyl. O resultado foi a evolução para um mercado muito mais sensível a preço do que havia sido anteriormente. Outras previsões de mercado eram algo incerto. Era claro que o mercado total não encolheria (em termos de volume), e as melhores estimativas sugeriam um mercado de talvez £ 6 milhões para os próximos três ou quatro anos (aos preços atuais). Todavia, havia algumas pessoas na indústria que acreditavam que o mercado presente somente representava o topo do iceberg.

Embora o mercado de conservantes alimentares tenha avançado por uma série de inovações tecnológicas, mudanças "reais" nos produtos básicos eram agora poucas e infrequentes. O Lerentyl era vendido em pó sólido ou na forma líquida, dependendo das necessidades particulares do consumidor. Os preços tendiam a estar relacionados ao peso dos produtos químicos usados. Assim, por exemplo, o preço médio do mercado atual era aproximadamente £ 1.050 por quilo. Havia, é claro, grandes variações, dependendo do tamanho do pedido etc.

*"No momento, estou principalmente interessado em conseguir a correta quantidade e qualidade de Lerentyl em cada mês e, embora a Produção nunca tenha me decepcionado, estou preocupado, pois, a menos que consigamos uma nova unidade confiável rapidamente, eles logo vão me criar problemas. A máquina AFU poderia estar na linha em poucas semanas, dando melhor qualidade também. Além disso, se a demanda de fato crescer, a AFU nos dará uma capacidade extra. Admito que nós não estamos tentando aumentar nossa fatia do mercado de conservantes como antes. Vemos nossa prioridade como o estabelecimento de nossos outros produtos primeiro. Quando isso for atingido, vamos voltar à concentração no lado conservante da coisa."*

### Químico Chefe

O Químico Chefe era um velho amigo de John Rhodes e juntos tinham sido em grande parte responsáveis pelas inovações nos produtos. No momento, a principal parte de seu orçamento era dedicada a modificar o Lerentyl básico para que pudesse ser usado para produtos alimentícios mais ácidos, como frutas. Isso não estava mostrando-se fácil, não obstante o Químico Chefe permanecesse otimista.

*"Se tivermos sucesso na modificação do Lerentyl, as oportunidades de mercado vão dobrar da noite para o dia e vamos precisar de capacidade extra. Eu sei que estaríamos assumindo um risco em optar pela máquina AFU, mas nossa companhia cresceu arriscando nas nossas descobertas de pesquisas, e devemos continuar tendo fé. Além do mais, a tecnologia AFU é como as tecnologias similares serão no futuro. Precisamos aprender a explorá-la mais cedo ou mais tarde."*

### Gerente de Produção

O departamento que produzia o Lerentyl era virtualmente autocontido como uma unidade de produção. De fato, ele era fisicamente separado, estando em um edifício poucos metros destacado do restante da fábrica. As necessidades de produção para o Lerentyl estavam atualmente na taxa fixa de 190 quilos por mês. Os seis técnicos que compõem o pessoal de operação das máquinas eram os únicos técnicos na Rochem que faziam todos os seus reparos menores e com total controle da qualidade. A razão para isso era histórica; desde que a firma começou, o produto era experimental e técnicos qualificados eram necessários para operar a fábrica. Quatro dos seis estavam na empresa desde seu início.

*"Está certo para Dave e Eric (Gerente de Marketing e Químico Chefe) falar de uma grande expansão de vendas de Lerentyl; eles não têm que lidar com todos os problemas se ela não acontecer. Os custos fixos da unidade AFU são próximos de três vezes o da Chemling. Pense só o que isso vai fazer com meu orçamento com baixos volumes de produção. Da maneira como entendo, não existe absolutamente nenhuma evidência que mostre uma grande virada para cima do Lerentyl. Não, a idéia toda (da fábrica AFU) é demais arriscada. Não somente existe o risco; eu não acho que estão entendidas as conseqüências do AFU. Nós precisaríamos do dobro de variedade de peças sobressalentes, para começar. Mas o que realmente me preocupa é a reação do pessoal. Como técnicos altamente qualificados, eles se vêem como a elite da firma, e deveriam ser, eles ganham praticamente tanto quanto eu! Se comprarmos o processo AFU, todo o seu trabalho mais interessante, como testes e manutenção, vai desaparecer ou ser mui-*



*to reduzido. Eles vão acabar como trabalhadores de processo altamente remunerados."*

### Contador

A companhia financiou aproximadamente todo o seu investimento de capital recente de seus próprios lucros retidos, mas estaria tomando empréstimos de curto prazo no ano seguinte, pela primeira vez em diversos anos.

*"No momento, não acho que seria sábio investir capital extra que não temos na tentativa de prover uma capacidade extra de que não precisamos no momento. Este será um ano caro para a companhia. Já estamos comprometidos com gastos crescentes na promoção de nossos produtos e com investimento de capital em outras partes da firma, e o Dr. Rhodes não é favorável a excessivos fundos externos na firma. Aceito que poderá haver eventualmente excitação na demanda do Lerentyl, mas, se ela, de fato, vier, não será provavelmente este ano e será muito maior do que a AFU pode suportar; assim, podemos muito bem ter três máquinas Chemling nesse momento."*

### Questões

1. Como as duas alternativas de tecnologia de processo (Chemling e AFU) diferem em termos de suas escalas e automação? Quais as implicações disso para a Rochem?
2. Lembre-se da distinção entre viabilidade, aceitabilidade e vulnerabilidade, discutidas no Capítulo 4. Avalie ambas as tecnologias usando esses critérios.
3. O que você recomenda que a companhia deveria fazer?

## QUESTÕES PARA DISCUSSÃO

1. Identifique quantas aplicações de automação você puder nas seguintes operações:
  - um hospital
  - uma empresa aérea
  - uma universidade
  - uma cadeia de hotéis
  - banco de varejo
  - agricultura
2. Muitas universidades e faculdades em todo o mundo estão sob pressão crescente para reduzir seus custos por estudante. Como você acha que a tecnolo-

gia poderia ajudar operações como universidades a manter seus custos baixos, mas sua qualidade de ensino alta?

3. Na imprensa popular, tem havido muitas histórias sobre "fábricas completamente automatizadas", algumas vezes conhecidas como "fábricas escuras", porque elas não necessitam de nenhuma intervenção humana (que seria quem ligaria a luz!). O que você pensa que poderiam ser os maiores problemas na tentativa de atingir essa meta de uma fábrica completamente automatizada? Em que tipo de manufatura você pensa que, provavelmente, veremos o uso extensivo de completa automação?
4. Identifique algumas tecnologias que você usa em sua vida diária. Estime o valor delas, pensando como seria sem elas. Você pode identificar quais são tecnologias de produto/serviço e quais são tecnologias de processo?
5. Avalie as diferenças entre uma máquina de fax e um telefone em termos de suas capacidades operacionais.
6. Discuta a relação entre tecnologia de produto/serviço e tecnologia de processo para um produto ou serviço com o qual você está familiarizado.
7. A filosofia GIM centrada nas pessoas almeja reter as vantagens da manufatura integrada por computador, enquanto também permite que o pessoal interaja com tais sistemas, de modo que alcance suas próprias aspirações e necessidades de trabalho. Você acha que isso é somente idealismo, ou, alternativamente, a única forma de atingir o melhor dos dois mundos humano e mecanizado?
8. Discuta as vantagens e as desvantagens entre o processamento de informação centralizado e descentralizado para controladores de tráfego aéreo.
9. Que benefícios o EDI poderia trazer para a universidade?
10. O que você acha que poderia ser feito para tornar as tecnologias baseadas em Internet atraentes para as pessoas que atualmente ainda não as utilizam?

11. Descreva as seguintes tecnologias que podem ser encontradas em um aeroporto em termos das interações consumidor – pessoal – tecnologia:
  - máquinas de raios X em aeroportos
  - túneis aéreos ligando o terminal à aeronave (*fingers*)
  - sistema de controle de tráfego
  - scanners* que checam os códigos de barras de destino nas bagagens
  - máquinas automáticas de passagens
12. A grande maioria dos serviços oferecidos por bancos de varejo poderia ser fornecida automaticamente. As máquinas de atendimento automático, instalações de depósito automático, telas de informação interativa nas agências, e a completa gama de serviços de *home banking* ativados por voz e pessoa a pessoa, todos fazem surgir a oportunidade de um banco no qual a comunicação do cliente com o pessoal nunca ocorra face a face. Que fatores você acha que influenciam os bancos de varejo quando eles estão decidindo até onde automatizar seus vários serviços?
13. A tecnologia do tipo robô está começando a desempenhar um papel em alguns procedimentos cirúrgicos. O que você pensa de submeter-se a um doutor robô?
14. Visite sua biblioteca local ou da universidade e escreva um relatório sobre como a tecnologia poderia ser aplicada na melhoria da eficiência da operação. Quais você acha que seriam os maiores problemas, se a biblioteca tentasse operar em base totalmente automatizada?
15. As companhias aéreas já estão discutindo com manufaturas de aviões a possibilidade de desenvolver um avião com capacidade para 600 a 700 passageiros. O desejo de um avião tão grande vem da crescente demanda por viagens aéreas, especialmente, em algumas rotas. Geralmente, é mais barato e mais rápido ir em um avião grande do que em um com a metade do tamanho. Em princípio, a tecnologia atual poderia permitir o desenvolvimento de avião que poderia carregar até 1.000 passageiros. Quais você acha que podem ser as limitações ao uso da tecnologia para desenvolver um avião tão grande?
16. Um banco popular está considerando proporcionar serviços de banco por Internet. Quais você acha que são as principais questões que o banco tem de considerar em termos de conseguir clientes para usar esses serviços?
17. Algumas manufaturas japonesas preferem empregar tecnologias simples e não sofisticadas em vez de tecnologias de grande escala completamente integradas. Por que você acha que isso ocorre?
18. Um problema com tecnologia, que é aberta ao uso de todas as pessoas do público, por exemplo, caixas automáticos (ATMs), é que ela poderia estar aberta a fraudes e a más interpretações. Por exemplo, alguns clientes de bancos têm reclamado que não fazem transações em caixas automáticos que mostram suas contas. Como você acha que a tecnologia deveria ser desenvolvida para superar esse problema?
19. Usando os critérios dos resumos das tecnologias, escolha três tecnologias (uma para cada tipo de processamento) e as avalie.

### LEITURAS COMPLEMENTARES SELECIONADAS

- ADLER, T. S.; WINOGRAD, T. A. *Usability, turning technology in tools*. Oxford University Press, 1992.
- AVISHAI, B. A CEO's common sense of CIM: an interview with J. Tracy O'Rourke. *Harvard Business Review*, v. 67, nº 1, 1989.
- AYRES, R. CIM: a challenge to technology management. *International Journal of Technology Management*, v. 7, nº 2, 1992.
- BENDERS, J.; DEHAAN, J.; BENNETT, D. (Ed.). *The symbiosis of work and technology*. Taylor and Francis, 1995.
- BENNETT, D.; FORRESTER, P.; HASSARD, J. Market-driven strategies and the design of flexible production systems: evidence from the electronics industry. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 12, nº 2, 1992.

BESSANT, J. *Managing advanced manufacturing technology: the challenge of the fifth wave*. NCC, Blackwell, 1991.

CARR, N. G. Hypermediation: commerce and click-stream. *Harvard Business Review*, Jan./Feb. 2000.

DELENE, L. M.; LYTE, D. M. Interactive service operations: the relationships among information, technology and exchange transactions on the quality of the customer-contact interface. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 9, n° 5, 1989.

EVANS, P.; THOMAS, S. W. Getting real about virtual commerce. *Harvard Business Review*, Nov./Dec., 1999.

GOLDHAR, J. D.; JELINEK, M. Plan for economies of scope. *Harvard Business Review*, v. 61, n° 6, 1983.

GUNTON, T. *Inside information technology, a practical guide to management issues*. Prentice Hall, 1990.

HARRISON, M. *Advanced manufacturing technology management*. Pitman Publishing, 1990.

KAPLAN, R. S. Must CIM be justified by faith alone? *Harvard Business Review*, v. 64, n° 2, 1986.

KARLSSON, C. Knowledge and material flow in future industrial networks. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 12, n° 7-8, 1992.

LINDBURG, P. The management of uncertainty in AMT implementation: the case of FMS. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 12, n° 7-8, 1992.

MONROE, J. Strategic use of technology. *California Management Review*, Summer, 1989.

RHODES, D. CIM and the integration of users, vendors and educators. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 9, n° 2, 1989.

SKINNER, W. Operations technology: blind spot in strategic management. *Interfaces*, v. 14, n° 1, 1984.

ZORKOCZY, P. *Information technology: an introduction*. 3. ed. Pitman Publishing, 1993.