

KLS

Projeto de Fábrica e Instalações Industriais

Projeto de Fábrica e Instalações Industriais

Reinaldo Squillante Júnior

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Alessandra Cristina Santos Akkari

José Renato Carpi

Editorial

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Squillante Júnior, Reinaldo

S773p Projeto de fábrica e instalações industriais / Reinaldo

Squillante Júnior. – Londrina : Editora e Distribuidora

Educacional S.A., 2019.

184 p.

ISBN 978-85-522-1434-2

1. Projeto de fábrica. 2. Arranjo físico. 3. Instalações industriais. I. Squillante Júnior, Reinaldo. II. Título.

CDD 620

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 — Londrina — PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1	
Projeto de bens, de serviços e de processos produtivos.....	7
Seção 1.1	
Estratégia de produção e operações e metodologia PFL.....	9
Seção 1.2	
Projeto de bens e serviços.....	23
Seção 1.3	
Processos produtivos: projeto	37
Unidade 2	
Introdução ao projeto de fábrica	51
Seção 2.1	
Tecnologia de processos: seleção	53
Seção 2.2	
Análise da necessidade de capacidade instalada	66
Seção 2.3	
Decisão de localização da unidade produtiva.....	79
Unidade 3	
Projeto de layout	93
Seção 3.1	
Projeto de layout: fundamentos.....	95
Seção 3.2	
Projeto de layout: ferramentas.....	109
Seção 3.3	
Projeto de layout: concepção.....	122
Unidade 4	
Fábricas flexíveis	137
Seção 4.1	
Sistema de manufatura celular.....	139
Seção 4.2	
Fábrica digital.....	152
Seção 4.3	
Indústria 4.0	165

Palavras do autor

Caro aluno, seja bem-vindo a uma nova disciplina que vai causar impacto em sua formação: Projeto de Fábrica e Instalações Industriais.

Você já pensou em como a evolução da tecnologia está presente em todas as áreas, contribuindo para uma melhoria da qualidade de vida? A consequência imediata é a mudança de comportamento do consumidor que está atento à diversidade de produtos e soluções que sejam capazes de atender a sua necessidade. Dessa forma, a competitividade torna-se cada vez mais agressiva para as empresas brasileiras, uma vez que, atualmente, não há como desconectar-se de uma realidade de mercado globalizado, ao qual o consumidor tem acesso. Diante disso, as empresas brasileiras precisam vivenciar um processo de planejamento para o projeto de fábricas que possam realmente ser competitivas e capazes de se manter consolidadas no mercado.

Você, profissional que está sendo formado para atuar em indústrias e empresas de diversos segmentos, precisa estar capacitado a compreender e saber aplicar os conceitos que norteiam o projeto de bens e serviços em um contexto de processos produtivos. É necessário que você domine métodos e procedimentos para o projeto de fábricas, considerando detalhes de projeto de layout e como a flexibilidade de uma fábrica deve ser dimensionada para que seja competitiva em sua área de negócios.

Para que você adquira essas competências, na Unidade 1 serão vistos os aspectos associados à metodologia PFL (Projeto de Fábrica e Layout) e conceitos fundamentais associados ao projeto de serviços e projeto de bens. Na Unidade 2 o enfoque será o projeto de fábrica, na qual serão vistos os aspectos associados às tecnologias de fabricação e capacidades instaladas que serão necessárias para o projeto, além do estudo sobre a localização mais adequada para a fábrica. Na Unidade 3 o contexto será de projeto de layout de fábrica, ou seja, desde o conceito, passando pelas ferramentas para o projeto até que se obtenham projetos conceituais e detalhados. Por fim, na Unidade 4 você verá em detalhes o que são os sistemas de manufatura celular e os conceitos de Fábrica Digital e Indústria 4.0.

Já imaginou como essa disciplina será importante para que você adquira a competência de desenvolver projetos de fábricas?

Que você tenha um excelente desempenho em suas atividades!

Unidade 1

Projeto de bens, de serviços e de processos produtivos

Convite ao estudo

Prezado aluno, a realidade em que vivenciamos atualmente é a de sistemas produtivos aparelhados com tecnologias inovadoras que buscam desenvolver novos modelos de processos produtivos, capazes de atender necessidades específicas de seus clientes com rapidez e eficácia, oferecendo produtos de qualidade.

Diante da complexidade que um sistema produtivo pode atingir, é fundamental que você seja capacitado a sistematizar os procedimentos necessários para o projeto de fábricas de tal forma que utilize metodologias para a elaboração de projetos e processos produtivos que resultem na fabricação de bens e prestação de serviços.

Para isso, conheceremos uma empresa que atua na área de fabricação de dispositivos elétricos e eletrônicos que está decidida a expandir seu mercado e deseja avaliar a produção de um novo item em sua linha de produtos: a fabricação de lâmpadas dicróicas LED de 5W. Essa empresa é reconhecida pela fabricação de produtos eletrônicos sob encomenda. Entretanto, trata-se de um cliente em potencial que espera diversificar sua atuação no mercado inserindo um produto novo em sua área de fabricação. Para isso, ele deseja contratar você como responsável por fazer uma análise inicial do projeto. As dificuldades centrais de seu cliente estão associadas aos seguintes aspectos:

- A. Uma vez que se trata de uma empresa tradicional que fabrica produtos sob encomenda, como ela poderia desenvolver esse projeto sendo que sua equipe de colaboradores só tem a cultura de produzir sob encomenda? Como poderia ser o desenvolvimento do projeto, passo a passo, para que seus colaboradores possam adquirir uma nova cultura?
- B. Uma vez que foi estabelecida uma forma de desenvolver passo a passo este novo projeto, como seria resolvida a questão de uso de novas ferramentas para o projeto desse produto?
- C. Depois de planejada a questão de uso de novas ferramentas, como seria possível representar o modelo do processo que envolve a

fabricação dessas lâmpadas? Que nível de automação pode estar sendo associado?

Para ser capaz de resolver esses problemas, você conhecerá nesta unidade como está estruturada a metodologia PFL (Projeto de Fábrica e Layout), os conceitos básicos de processos produtivos e como se subdividem em processos de prestação de serviços e de fabricação. Na sequência, verá detalhes a respeito do projeto de bens e serviços e como as características de volume e variedade afetam o resultado.

Assim, ao final da unidade, você estará apto a aplicar a metodologia PFL para projetos de bens, serviços e processos produtivos.

Bons estudos!

Estratégia de produção e operações e metodologia PFL

Diálogo aberto

Com o avanço tecnológico vivenciado atualmente, você observará que o projeto de uma fábrica tornou-se um desafio envolvendo a aplicação de uma série de conceitos e tomadas de decisões que precisam ser sistematizadas. Em virtude disso, o uso de metodologias é algo fundamental que pode contribuir decisivamente para o sucesso dessas atividades durante o ciclo de projeto.

Uma empresa que atua na área de fabricação de dispositivos elétricos e eletrônicos é seu novo cliente. Ela está decidida a expandir seu mercado e deseja avaliar a produção de um novo item em sua linha de produtos: a fabricação de lâmpadas dicroicas LED de 5W.

Uma vez que se trata de uma empresa já estabelecida no mercado, seu objetivo é expandir os negócios e ofertar um novo produto que ela nunca ofereceu antes. Portanto, esse projeto precisa ser desenvolvido de forma criteriosa, e o ponto de partida deve ser estabelecer um procedimento claro e objetivo. Esta é uma empresa tradicional que fabrica produtos sob encomenda, e um de seus desafios é: como ela será capaz de desenvolver esse projeto, sendo que sua equipe de colaboradores só tem esta cultura organizacional?

Como poderia ser o desenvolvimento do projeto, passo a passo, para que seus colaboradores possam adquirir uma nova cultura?

Portanto, elabore um relatório que esboce as fases de atividades que devem ser contempladas para que o projeto em questão seja realizado com sucesso.

Para responder a este desafio, você conhecerá nesta seção os principais conceitos a respeito de processos produtivos e quais são as principais características e diferenças entre processos de prestação de serviços e de fabricação de itens. Na sequência, você verá como podem ser organizados os ambientes de produção em função do perfil de consumidor que se deseja contemplar e, concluindo, terá uma noção a respeito da metodologia PFL para o projeto de fábrica, conhecendo as diversas fases que devem ser realizadas para obter êxito durante o desenvolvimento do ciclo de vida do projeto, que engloba desde o planejamento estratégico até a organização dos testes finais para liberação do sistema produtivo para seu pleno funcionamento.

Um excelente trabalho em sua primeira seção desta disciplina!

Processos produtivos e de produção

O ato de se projetar algo significa que você deve elaborar um modelo da realidade antes de concebê-la. O nosso caso consiste em projetar uma fábrica, que passaremos a chamar de Unidade Produtiva (UP). O ponto de partida deve ser abrir o entendimento de que uma UP tem por objetivo fundamental realizar algum tipo de procedimento que resultará na disponibilização de um produto. Mas qual a interpretação que se deve ter a respeito de produto?

De acordo com Neumann e Scalice (2015), quando se está no contexto de desenvolvimento de um projeto de UP, é adequado considerar produto como sendo um bem físico que poderá ser fabricado em uma indústria de manufatura – como autopeças –, ou então pode estar referenciando a prestação de um serviço. Tudo depende da área de atuação da UP.

Por sua vez, a geração de um produto depende da realização de um processo produtivo. Mas o que vem a ser isso?

Inicialmente, você precisa compreender a definição de processo. Trata-se de um conjunto de atividades que são aplicadas a uma determinada entrada que foi obtida de um determinado fornecedor e que, seguindo uma determinada lógica de sequenciamento dessas atividades, geram como produto uma saída que tem um determinado valor que foi agregado, ou seja, o valor adicionado ao bem ou serviço que foi transformado pelo processo realizado no sistema produtivo e que deve suprir as necessidades de determinados clientes externos (NEUMANN; SCALICE, 2015).

A partir desse entendimento inicial de processo, podemos evoluir para o entendimento a respeito do que vem a ser um processo produtivo, que pode ser interpretado como Processo de Produção. Nesse caso, o foco é descrever como uma UP se organiza de tal forma que utilize os seus recursos no desenvolvimento de um conjunto de processos específicos, a fim de gerar os produtos que é capaz de oferecer para o mercado consumidor. Dessa forma, por meio da definição do processo de produção obtêm-se:

- Utilização adequada dos recursos de transformação para a geração dos produtos e serviços que foram planejados.
- Utilização adequada dos recursos de movimentação para garantir o fluxo necessário de matérias.
- Utilização de procedimentos de controle para maximizar o uso dos recursos e minimizar a ociosidade.

- Planejamento da flexibilidade adequada nos recursos para que possam responder prontamente a diferentes configurações para realização de diferentes produtos.

De acordo com Neumann e Scalice (2015), um critério para a classificação básica desses processos produtivos presentes em unidades produtivas pode basear-se em três diferentes referenciais, critério esse de importante assimilação.



Assimile

Observe os três aspectos que podem ser utilizados para orientar a organização de um ambiente de produção e que podem estar associados a um processo de produção (NEUMANN; SCALICE, 2015):

- **Relacionadas à forma como as operações são organizadas** – neste caso existem duas abordagens fundamentais: baseada em processos ou em produtos. Na organização por produtos, os recursos são posicionados de forma a favorecer a sua produção. A mais conhecida é a produção em linha, envolvendo grandes volumes, como fabricação de lâmpadas, refrigerantes, etc. No caso da orientação a processos, o arranjo físico é organizado em setores funcionais, em que máquinas com a mesma função encontram-se agrupadas. É o caso da indústria de autopeças, hospitais, instituições financeiras, etc.
- **De acordo com os tipos de operações** – neste caso, podemos ter os quatro “Vs” da produção que podem ser utilizados para identificar as diferentes formas de operar:
 1. Volume produzido – quanto maior o volume, maior a repetibilidade de operações, permitindo uma padronização e baixando os custos.
 2. Variedade – a palavra-chave é a flexibilidade para a produção de um *mix* de produtos.
 3. Variabilidade – quanto maior a variação da demanda, maior a dificuldade em usar os recursos de forma eficiente, encarecendo o produto.
 4. Visibilidade – está associada ao grau de contato entre o produtor e o consumidor. Quanto maior esse contato, mais capacitados os funcionários precisam estar para interagir com o público, e isso exige prazos mais curtos de entrega, encarecendo o produto.
- **Baseado na relação entre o volume e a variedade de produtos** – quanto maior o volume, maior a padronização possível, diminuindo custos. Por sua vez, grande variedade implica em alta flexibilidade, o que conflita com a padronização.

Processos de prestação de serviços e de fabricação

Vamos avaliar com mais detalhes a questão de prestação de serviços e de fabricação de itens. No caso dos processos de prestação de serviços – atendimento em hospitais, por exemplo –, o foco deve ser atender às necessidades do usuário que tem acesso ao sistema.

Para isso, de acordo com Neumann e Scalice (2015), vamos avaliar os seguintes aspectos:

1. Com relação ao nível de conhecimento do processo: considerando as operações que compõem um processo de prestação de serviços, ocorre que é necessário dominar de forma mais detalhada cada uma de suas operações, uma vez que o cliente usuário do sistema está interagindo com o prestador de serviço, fazendo parte do processo de transformação causado pelo processo em si.
2. Com relação à composição dos processos: a definição das operações que devem ser realizadas durante um processo de prestação de serviços está vinculada à natureza do próprio serviço a ser prestado, gerando uma expectativa no usuário. Conforme observado, uma vez que ele interage continuamente com o processo, torna-se mais evidente para o cliente avaliar a qualidade dos serviços prestados.
3. Com relação ao formalismo adotado durante o planejamento: o processo deve ser inicialmente mapeado por meio de modelos conceituais que envolvem altos níveis de abstração. Em seguida, deve ser aplicado um processo de análise para que as operações pertinentes ao processo possam ser representadas no modelo e, finalmente, que as ações pertinentes a cada operação sejam descritas para que haja um padrão de qualidade mensurável a ser seguido.

Por sua vez, os processos de fabricação facilitam a visão de que estão envolvidos em um contexto de sistema físico, e para esta realidade, observam-se as seguintes necessidades que devem ser contempladas:

1. Visão sistemática do processo físico: torna-se natural a visão de que estes processos dependem da disponibilidade de recursos para a transformação ou fabricação dos itens, de uma infraestrutura envolvendo instalações elétricas, pneumáticas e hidráulicas adequadas, incluindo máquinas e ferramentas, além do fluxo de matérias utilizados para gerar o produto final que é fabricado.
2. Definição do processo de fabricação: a partir das informações geradas pela Engenharia do Produto, é possível delinear-se o processo de

fabricação adequado, incluindo o sequenciamento das operações que devem ser realizadas para a produção de um determinado item.

3. Definição do plano de fabricação: uma vez estabelecidos os requisitos do processo de fabricação, torna-se possível estipular um plano para que a fabricação seja executada de acordo com um determinado programa de produção que virá a ser definido. Com essa informação de programação da produção, é possível reproduzir essas informações para diferentes setores da empresa, a fim de que sejam planejados diversos atendimentos a solicitações de novos pedidos, que passam a ser comercializados pela empresa.

Observe que a definição do processo de fabricação é fundamental para estabelecer qual tecnologia deve ser empregada na fabricação dos produtos finais de tal forma que a competitividade da empresa seja mantida. Além disso, a precisão com que é capaz de elaborar o plano de fabricação reflete no planejamento estratégico da empresa em termos de prever o atendimento à demanda de mercado.



Refleta

Para o desenvolvimento de novos empreendimentos, é fundamental que o empreendedor conheça em detalhes o processo produtivo que será executado. O conceito de visão sistêmica pode ser entendido como um método que se baseia na definição de sistema posta em prática, ou seja, o fato de que todos os sistemas são formados por um conjunto de elementos que interagem entre si para desempenharem um determinado comportamento. Neste contexto, para orientar esses novos empreendedores, qual a diferença crucial que você identifica entre processos produtivos de empresas prestadoras de serviços e fabricantes de itens?

Ambientes de produção e operações

Outro aspecto muito importante está relacionado ao fato de como é definido o ambiente de produção, ou seja, qual será a estratégia de produção que a empresa adotará para atender a um determinado perfil de clientes do mercado em que atua. Dependendo de como é feita essa interação, estará definido um cenário de organização da produção. Portanto, de acordo com Neumann e Scalice (2015), uma das formas de se classificar um ambiente de produção é a seguinte:

1. **Produção para o mercado** – há apenas uma previsão de demanda de produtos não customizados que são fabricados para o mercado de interesse.

2. **Produção para estoque** – neste caso, baseado em previsão de demanda e sem customização, são produzidos volumes de produtos acabados que são estocados para serem comercializados.
3. **Montagem sob encomenda** – as partes dos produtos a serem montados são fabricadas e, conforme os pedidos são realizados, as montagens são programadas e executadas.
4. **Fabricação sob encomenda** – a partir dos pedidos existentes é que a produção dos itens a serem fabricados é realizada. Neste contexto há também a fase de projeto de produto que o cliente deseja e, dependendo do caso, pode ser que ele solicite exclusividade em seu produto, uma vez que foi ele quem idealizou os requisitos de projeto.
5. **Obtenção de recursos mediante pedido** – são casos em que os investimentos em recursos e matéria-prima são elevados e, para minimizar o risco, só são adquiridos após confirmação do pedido.
6. **Engenharia sob encomenda** - são situações em que o produto final está vinculado a decisões do cliente e é preciso desenvolver um projeto para o produto e para a aquisição de recursos e materiais necessários.

Dependendo do perfil de mercado que se pretende contemplar, haverá uma dinâmica diferente de interação com o mercado, e esse tipo de relacionamento determinará o ambiente de produção.



Exemplificando

Considere o caso de um empresário que decidiu investir no projeto de uma fábrica de veículos. Vamos analisar como deve ser o seu ambiente de produção: após uma análise estratégica, ele decidiu que atuará tanto no mercado consumidor de carros de até 100 mil reais como também no mercado de veículos para pessoas com deficiência (PCD), com direito à isenção de impostos previstos na legislação em vigor.

Será que neste caso é necessário programar dois ambientes diferentes de produção?

Para o mercado de consumidores não PCD, pode-se produzir baseado em uma estimativa de demanda para que existam produtos à pronta-entrega para os interessados. Entretanto, esse é um engano enorme que pode ocorrer por dois motivos: o produto é de alto custo para ser estocado e os consumidores correm o risco de ter que comprar veículos que não atendem às suas necessidades. Portanto, a solução é organizar a produção de tal forma que seja ágil o suficiente para customizar o veículo que cada cliente desejar. Neste sentido, uma vez que a tendência

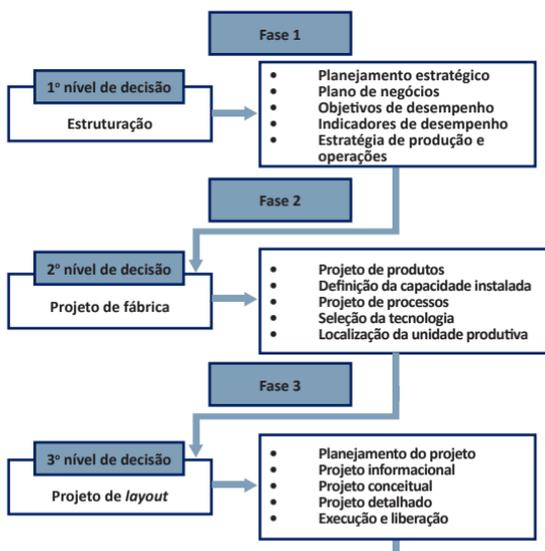
é que o consumidor PCD tenha que aguardar em uma fila de espera seu produto ser fabricado, a solução ideal configura-se como um ambiente de **produção sob encomenda**.

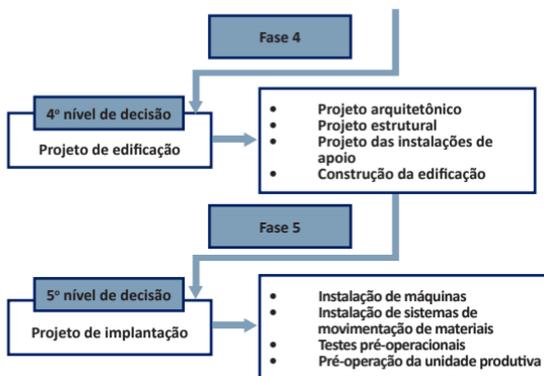
Metodologia PFL

Você percebeu que para o projeto de uma fábrica exige-se análise de uma série de questões envolvendo o processo de produção e as diferentes formas de classificá-lo. Você precisará decidir, por exemplo, se as operações devem ser orientadas a processo ou a produto, como os 4“Vs” da produção afetam o modo de operação e a relação entre volume e variedade de produtos. Além disso, ainda é necessário considerar as diferenças de contexto de projeto que existem quando os processos são de prestação de serviços ou de fabricação. Por fim, você viu também que o impacto na forma de interagir com o mercado consumidor é capaz de influenciar o ambiente de produção. Diante de tantas variáveis é que se justifica a necessidade de se adotar uma metodologia para o projeto de fábrica.

Em Neumann e Scalice (2015), é proposta a metodologia PFL (Projeto de Fábrica e Layout). Os autores deixam claro que não se trata de uma solução universal que resolve qualquer problema e que não necessita aprimoramentos. Cada caso é um caso e o objetivo é que essa metodologia seja uma sistemática que oriente os principais passos para o projeto de fábricas. A Figura 1.1 apresenta as cinco fases e as etapas contidas em cada uma delas.

Figura 1.1 | Metodologia PFL





Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 3).

De acordo com Neumann e Scalice (2015) tem-se:

Fase 1 - Estruturação

Nesta fase é realizado o planejamento estratégico do sistema produtivo, desenvolvendo-se o plano de negócios e determinando quais são os objetivos de desempenho esperados, além de definir como serão utilizados indicadores para medir esse desempenho, considerando as estratégias de produção e operações que se pretende implantar.

Fase 2 – Projeto de Fábrica

Nesta fase desenvolve-se o projeto dos produtos desejados, contemplando-se a questão de capacidade de produção instalada e o projeto de processos que devem ser realizados. Com isso, ainda se torna necessário desenvolver um detalhamento de quais são os recursos necessários para a geração dos produtos (itens e/ou serviços), os materiais necessários e a infraestrutura, considerando a tecnologia que será aplicada que direciona as máquinas e os equipamentos que deverão ser adquiridos.

Fase 3 – Projeto de Layout

Nesta etapa precisa ser definido o processo de produção, ou seja, como será o fluxo das operações de fabricação e montagem, por exemplo, que devem ser realizadas na fábrica considerando se a orientação será baseada em processos ou em produtos.

Fase 4 – Projeto de Edificação

Trata de todos os aspectos pertinentes à edificação do prédio e infraestrutura associada para o funcionamento da fábrica, ou seja, a construção da edificação.

Fase 5 – Projeto da Implantação

Consiste na definição de todas as fases de comissionamento do sistema, ou seja, desde a etapa de aceitação das instalações das máquinas e equipamentos que foram adquiridos, até os testes de inicialização do processo para o funcionamento da fábrica.

De uma forma geral, observa-se que esta metodologia tem como objetivo estabelecer diretrizes básicas para que um projeto de fábrica possa ser conduzido com êxito.



Pesquise mais

Um assunto interessante para quem inicia o estudo de projeto de fábrica é realizar uma reflexão sobre desenvolvimento sustentável. Isso é essencial para que um sistema produtivo seja realmente competitivo, pois implica fazer uso racional das fontes de energia e matéria-prima considerando fontes de energia limpa e reciclagem. Leia mais detalhes em: TRINDADE, S. C. Desenvolvimento sustentável: o futuro do trabalho não é sobre tecnologia, mas diz respeito às pessoas. **DCI Diário Comércio Indústria & Serviços**, São Paulo, 30 ago. 2018.

Nesta primeira seção você pôde observar que o projeto de uma fábrica é uma tarefa complexa e que deve ser realizada de forma sistemática, sendo importante entender que existem metodologias que estabelecem fases para realização do projeto e que cada fase deve ser realizada de forma criteriosa e ter seus resultados avaliados antes de se evoluir para a fase seguinte.

Sem medo de errar

Veja que oportunidade excepcional você tem agora: desenvolver um projeto de fábrica para uma empresa tradicional no mercado que deseja lançar um novo produto.

Essa empresa, que atua na área de fabricação de dispositivos elétricos e eletrônicos, é seu novo cliente que está decidido a expandir seu mercado e deseja avaliar a produção de um novo item em sua linha de produtos: a fabricação de lâmpadas dicroicas LED de 5W. Essa empresa é reconhecida pela fabricação de produtos eletrônicos sob encomenda. Entretanto, trata-se de um cliente em potencial que deseja diversificar sua atuação no mercado, inserindo um produto novo em sua área de fabricação. Para isso, ele deseja contratar você como responsável por fazer uma análise inicial do projeto. O objetivo de seu cliente é expandir os negócios e ofertar um novo produto

que ela nunca ofereceu antes no mercado. Portanto, esse projeto precisa ser desenvolvido de forma criteriosa, e o ponto de partida deve ser estabelecer um procedimento claro e objetivo. Essa é uma empresa tradicional que fabrica produtos sob encomenda, e um de seus desafios é: como ela será capaz de desenvolver esse novo projeto?

Como poderia ocorrer o desenvolvimento do projeto, passo a passo, para que seus colaboradores possam adquirir uma nova cultura?

Portanto, elabore um relatório que esboce as fases de atividades que devem ser contempladas para que o projeto em questão seja realizado com sucesso.

Esboço do relatório

Para que o projeto seja realizado de forma sistemática é importante que os colaboradores possam ser capacitados a utilizarem uma metodologia. No caso, o objetivo é que todos sejam capazes de utilizar a metodologia PFL. Para cada fase, podem ser esboçadas as seguintes atividades:

- Fase 1 – Estruturação

É fundamental que os dirigentes estabeleçam qual a demanda deste produto no mercado e quanto pretendem fabricar a fim de que sejam estabelecidos indicadores para uma avaliação contínua do processo produtivo. Como o custo das lâmpadas LED está decaindo, a expectativa é que a demanda cresça em virtude da economia de consumo de energia que se obtém a partir de seu uso.

- Fase 2 – Projeto de Fábrica

A fabricação dessas lâmpadas implica o uso de tecnologia de ponta, ou seja, ferramentas de CAD (Projeto Auxiliado por Computador – *Computer Aided Design*) para o desenho das placas de circuito impresso que vão acomodar os LEDs que serão alimentados por corrente elétrica. Para a soldagem dos componentes, é oportuno utilizar robôs específicos para este propósito, que garantirão elevada produtividade e qualidade no processo de fabricação.

- Fase 3 – Projeto de Layout

Nesta fase, deve ser considerado o estudo a respeito de orientar a processo ou a produto a fabricação das lâmpadas. Como se trata da produção em grande escala, é aconselhável aplicar o conceito de fabricação orientada a produto, uma vez que se trata de um novo

produto, em que as fases de confecção da placa de circuito impresso, soldagem e montagem das lâmpadas são realizadas de forma sequencial e cadenciada.

- Fase 4 - Projeto de Edificação

Nesta fase, será necessário estabelecer toda a especificação da edificação do prédio que acomodará a linha de produção desse novo produto. É importante destacar que toda a infraestrutura deve ser cuidadosamente projetada, pois serão utilizados robôs para a fabricação das lâmpadas, e uma rede de comunicação industrial precisa ser implantada.

- Fase 5 – Projeto da Implantação

É fundamental prever todos os testes que deverão ser realizados para instalação das estações de trabalho envolvendo os robôs para montagem dos circuitos impressos, soldagem e corte a laser dos materiais que devem compor as partes da lâmpada. Cada um desses dispositivos apresenta protocolos específicos de instalação que devem ser criteriosamente obedecidos para que os resultados sejam alcançados. Na sequência, devem ser realizados os testes de comissionamento para verificação do desempenho de cada estação e, depois, das estações operando de forma integrada, para averiguar se o desempenho planejado no início do projeto está sendo contemplado.

Dessa forma, você pode realizar a sua primeira aplicação da metodologia PFL, passo a passo, para o projeto de uma fábrica para a produção de lâmpadas LED. Perceba que, com a aplicação da metodologia, torna-se mais fácil o entendimento do processo de produção que deverá ser implantado.

Avançando na prática

Projeto de um supermercado

Descrição da situação-problema

Um empreendedor que atuava na área de manufatura de peças para indústria automotiva passou a ter sérios problemas de demanda de mercado e resolveu mudar totalmente de área de atuação: projeto de um supermercado. Entretanto, como possui experiência anterior de 20 anos de atuação no setor automotivo, especificamente na área de fabricação de rolamentos, procurou aplicar os mesmos princípios para o projeto de um supermercado.

Em virtude dos prejuízos acumulados no negócio anterior, o empreendedor entende que não pode errar desta vez e precisa da ajuda de um profissional da área para ratificar as suas decisões, pois ele tem dúvida se um sistema de produção do tipo produção para estoque seria adequado para seu novo negócio. Outro aspecto que tem dúvida é sobre a forma mais adequada para organizar o oferecimento de frutas e verduras que pretende vender em seu estabelecimento.

Quais as orientações que você daria a esse empreendedor?

Resolução da situação-problema

Uma vez que esse empresário atuou no mercado automotivo, deve ter participado ativamente de modelo de produção sob encomenda para evitar o custo com estocagem.

Portanto, é perfeitamente natural que esse cliente tenha receio em lidar com a realidade de um supermercado que simplesmente tem uma estimativa de demanda de seus produtos e deve manter um estoque necessário para um determinado horizonte de tempo, capaz de evitar o risco de desabastecimento de seu público consumidor e também de evitar acúmulo de mercadorias que depois podem estar com o seu prazo de validade comprometido.

Portanto, deve ser organizado um processo de gestão que mantenha estoques adequados para manter o equilíbrio entre esses dois extremos.

Por exemplo, laticínios podem ser estocados devido ao seu prazo de validade ser mais longo e as embalagens serem mais robustas. Entretanto, produtos como frutas e verduras precisam ser reabastecidas continuamente de tal forma que os estoques intermediários sejam mínimos para garantir a qualidade do produto.

Faça valer a pena

1. Um critério para a classificação básica dos processos produtivos presentes em unidades de produção pode basear-se na análise das diferentes formas de operar baseada nos 4 “Vs” da produção. Preencha as lacunas do texto a seguir, considerando este foco:

Com relação ao volume produzido, quanto maior ele for, maior a _____ de operações, permitindo uma _____ e baixando os custos. Por sua vez, a _____ está diretamente relacionada à flexibilidade necessária para se produzir um mix de produtos.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas conforme a ordem em que aparecem no texto:

- a) Diversidade; padronização; variabilidade.
- b) Repetibilidade; padronização; variabilidade.
- c) Repetibilidade; padronização; variedade.
- d) Repetibilidade; flexibilidade; variabilidade.
- e) Diversidade; padronização; variedade.

2. Dependendo do perfil de mercado haverá uma dinâmica diferente de interação com esse mercado que determinará o ambiente de produção. Os tipos de ambientes apresentados no Quadro 1.1 apresentam uma descrição equivalente no Quadro 1.2.

Quadro 1.1 | Tipos de ambientes de produção

Código	Tipo
I	Produção para o mercado.
II	Produção para estoque.
III	Fabricação sob encomenda.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 1.2 | Descrição de ambientes de produção

Código	Tipo
A	Inicialmente, somente as partes do produto final são fabricadas.
B	A garantia da comercialização não depende de estocagem.
C	Volumes de produtos finais são armazenados.

Fonte: elaborado pelo autor.

Marque a alternativa que representa a associação correta entre as descrições contidas no Quadro 1.1 e no Quadro 1.2.

- a) I-B; II-C; III-A.
- b) I-C; II-B; III-A.
- c) I-A; II-C; III-B.
- d) I-C; II-B; III-A.
- e) I-B; II-A; III-C.

3. Existem vários fatores que justificam o uso de uma metodologia para o projeto de fábrica. Como exemplo, é possível citar a questão da necessidade de decidir se as operações devem ser orientadas a processo ou a produto, ou então como os 4 “Vs” da produção podem afetar o modo de operação, e também qual a relação entre volume e variedade de produtos.

A metodologia PFL prevê cinco fases para o desenvolvimento de um projeto de fábrica. Supondo que você seja o gestor de produção de uma fábrica de computadores e que você está responsável por conduzir esse projeto que se encontra na terceira fase (Projeto de Layout), você afirmaria que:

- I. Devem ser definidos os fluxos de fabricação e montagem.
- II. As etapas de comissionamento devem ser realizadas com precisão para validar o arranjo físico.
- III. Realiza-se a conclusão do planejamento estratégico da nova organização.

Assinale a alternativa que corresponde a uma avaliação correta das afirmações.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

Projeto de bens e serviços

Diálogo aberto

Caro aluno, o principal ponto que um gestor de tecnologia deve dominar é o conceito geral de processo produtivo, bem como as características básicas de um processo de prestação de serviços e de fabricação para que, dessa forma, tenha uma conscientização da necessidade de uso de uma sistemática para o projeto de fábrica que esteja adequado à realização do processo produtivo idealizado.

Seu novo cliente é uma empresa que atua na área de fabricação de dispositivos elétricos e eletrônicos, que decidiu expandir seu mercado e deseja avaliar a produção de um novo item em sua linha de produtos: a fabricação de lâmpadas dicroicas LED de 5W. Trata-se de uma empresa tradicional que fabrica produtos sob encomenda e que, depois de sua excelente atuação, foi capaz de vencer seu primeiro desafio de adquirir uma nova cultura para o desenvolvimento de um projeto para um ambiente de produção e operações baseado em produção para estoque, adequado à fabricação das novas lâmpadas.

Nesse contexto, para que seu cliente mantenha competitividade no mercado, é necessário que se faça uma reflexão sobre como devem ser aplicados os recursos para avaliar a qualidade e a possibilidade de ocorrência de falhas nas novas lâmpadas que serão fabricadas. Frente a isso, seu cliente precisa de um relatório técnico que apresente soluções para as seguintes situações:

- Como avaliar a qualidade dessas lâmpadas?
- Como fazer uma análise sobre o que pode falhar nesse novo produto?

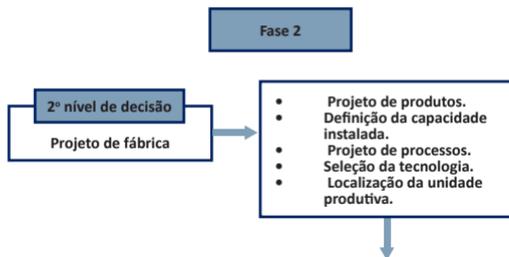
Dessa forma, elabore o relatório solicitado, que oriente como pode ser avaliada a qualidade do produto a ser fabricado e sobre as possíveis fontes de falhas.

Para que você esteja capacitado a responder esse desafio, nesta seção serão vistos a definição e os elementos necessários para o projeto de serviços, e você verá também como deve ser conduzida a instalação desses elementos. Na sequência, você verá como deve ser realizado o projeto de bens, considerando as diferentes abordagens que podem ser aplicadas.

Que você realize um ótimo trabalho nesta seção!

De acordo com a metodologia PFL, durante a primeira fase é realizado o planejamento estratégico e o plano de negócios do sistema produtivo. Portanto, por hipótese, vamos considerar que esta fase inicial já tenha sido realizada, que já temos um plano de negócios aprovado e podemos avançar para a próxima fase, a Fase 2, que trata do Projeto de Fábrica (Figura 1.2).

Figura 1.2 | A fase de projeto de fábrica da metodologia PFL



Fonte: Neumann e Scalice (2015, [s.p.]).

Observando o conteúdo descrito na Figura 1.2, verifica-se que é nessa fase que se executa um conjunto de etapas associadas tanto ao projeto de produtos quanto ao de processos e que contempla a definição da capacidade instalada, considerando também a tecnologia que pode ser empregada, além da localização adequada do prédio propriamente dito. Dessa forma, o conceito de “projeto de fábrica” possui peculiaridades que devem ser assimiladas.



Assimile

O conceito de projeto de fábrica

Neste contexto, é fundamental observar que a interpretação que deve ser dada para a expressão **projeto de fábrica**, na metodologia PFL, não está associada ao contexto de instalações prediais e edificação em si. A expressão refere-se ao conjunto de atividades que devem ser realizadas para que a definição de decisões estruturais possa ser realizada, ou seja, para que haja uma continuidade a partir do plano estratégico que foi concluído. De acordo com Neumann e Scalice (2015), há cinco decisões estruturais que precisam ser tomadas e que envolvem a concepção da UP (Unidade Produtiva) que está sendo planejada (Figura 1.2). Nesta seção veremos a primeira delas, o Projeto do produto, que, em um contexto mais amplo, envolve o projeto de bens e serviços.

Projeto de serviços: definição e elementos

Para se definir serviço, uma das formas mais completas baseia-se em enumerar as suas principais propriedades (NEUMANN; SCALICE, 2015). Primeiramente, um serviço é intangível e não há como associar o conceito de algo que possui um aspecto físico. Provoca sempre algum tipo de interação com o cliente, fazendo com que ele tenha uma experiência com o sistema que oferece o serviço.

Em relação aos elementos presentes em um serviço, eles são quatro, de acordo com Neumann e Scalice (2015):

- Os equipamentos e a infraestrutura necessários para a prestação do serviço.
- Os materiais consumidos pelo cliente durante a prestação de um serviço.
- Os benefícios resultantes de forma clara e objetiva a partir da prestação de serviços oferecidos para o cliente.
- Os benefícios psicológicos que resultam de forma subjetiva a partir da prestação de serviços oferecidos para o cliente.

Portanto, a prestação de serviços necessita de um processo para que possa ser executada conforme planejado e seja capaz de oferecer os benefícios esperados.

Concepção, processos e instalações de serviços

Para a concepção de serviços, há um processo que envolve as seguintes etapas (NEUMANN; SCALICE, 2015):

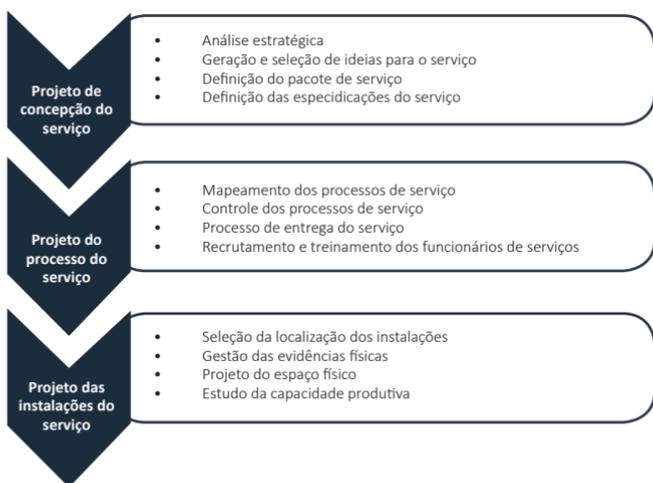
- a. Projeto de concepção do serviço – nesta fase toma-se decisão a respeito de qual deve ser o perfil do consumidor a ser focado e como será a atuação da empresa, principalmente para manter a competitividade diante do mercado. Na sequência espera-se a definição a respeito de como será o pacote de serviços oferecido, sendo coletadas as várias propostas para que haja uma seleção das melhores alternativas, sendo também detalhadas as especificações do serviço oferecido.
- b. Projeto do processo do serviço – nesta fase serão definidas as atividades que devem ser executadas para a realização do serviço por meio do mapeamento do processo que pode ser efetuado por meio de fluxogramas. Compete a essa fase realizar o controle de atualização do serviço para que sejam efetuadas as devidas alterações, para que

os serviços sejam padronizados e as equipes de funcionários sejam treinadas de maneira adequada para que o cliente seja atendido de tal forma que a interação cause um resultado positivo. Nesse contexto, é fundamental avaliar a experiência adquirida pelo cliente para que o planejamento dos encontros seja realizado de forma criteriosa, ou seja, que as expectativas do cliente possam ser satisfeitas pelo funcionário que interage com ele. Esses funcionários devem ser recrutados considerando a seleção do perfil adequado para o tipo de atividade que terão que realizar e também a questão do treinamento que devem receber para o desenvolvimento das competências que estão presentes no serviço.

- c. Projeto das instalações do serviço – nesta fase são discutidos aspectos fundamentais que envolvem a questão de seleção do local onde as instalações devem ficar e como deve ser o projeto do layout ou arranjo físico e o dimensionamento da capacidade produtiva.
- d. Avaliação e melhoria do serviço – essa atividade é fundamental para manter a perpetuação do serviço. Envolve a definição e aplicação de métricas para avaliar a satisfação do cliente contemplado pelo oferecimento do serviço. Esse processo deve ser aplicado tanto no momento de implantação do serviço quanto durante o ciclo de vida de oferecimento dele.

Na Figura 1.3 está ilustrado o modelo do processo de serviços para serem oferecidos a um determinado perfil de cliente.

Figura 1.3 | Processo de desenvolvimento de serviços



- Verificação e validação do projeto de serviço
- Recuperação e melhoria

Fonte: Neumann e Scalice (2015, [s.p.]).

Um conceito muito importante que devemos discutir é a respeito de Sistemas Produto Serviço, conhecido por PSS (*Product Service System*). Trata-se de empresas que oferecem uma combinação entre serviços e produtos em vez de se isolar em um dos contextos. Existem três formas de um PSS configurar-se (NEUMANN; SCALICE, 2015):

- a. Orientado ao produto – além de oferecer um bem, são ofertados também serviços de treinamento e assessoria técnica de acordo com a necessidade do cliente.



Exemplificando

Empresas de grande porte que adotam soluções de automação de grande complexidade desenvolvem projetos em suas plantas industriais que envolvem fornecedores de tecnologia, utilizando sistemas robotizados e máquinas computadorizadas para a implantação de sistemas produtivos.

Entretanto, para a programação dos recursos e uso da tecnologia, é necessário que forneçam treinamento para os funcionários e também soluções de programação dos controladores, robôs e máquinas autônomas para que haja interação entre esses recursos de forma adequada e eficiente para garantir produtividade e qualidade na execução dos processos produtivos.

Dessa forma, além dos controladores programáveis, dos robôs e das máquinas automatizadas, é necessário treinamento e assessoria para uso dos recursos. Trata-se de uma situação em que se acrescentam serviços de treinamento para assessorar o cliente, conforme esperado para o caso de PSS orientado ao produto.

- b. Orientado ao uso – neste caso o cliente não possui o bem, mas apenas o direito de uso do produto para poder acessar o serviço. Esse é o caso típico das empresas que oferecem serviços de acesso à Internet e TV a cabo. O cliente só pode utilizar os produtos enquanto houver a prestação do serviço que foi contratado. Se o contrato deixar de existir, automaticamente o produto deve ser devolvido.

- c. Orientado ao resultado – corresponde à situação em que o cliente só tem acesso ao resultado do serviço prestado. É o caso de prestadores de serviços terceirizados em que em nenhum momento o cliente tem acesso ao bem. Como exemplo, temos os serviços de usinagem de materiais nobres para a confecção de dispositivos específicos de uso médico (usinagem de bombas de titânio para implantes cardíacos), entre outros.



Pesquise mais

Um contexto interessante a ser estudado é o de implantação de Sistemas Serviço Produto. Leia o artigo:

BRAGA JR., A.; TOLEDO, J. Implantação de um sistema produto-serviço em uma empresa de manufatura: dificuldades observadas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE INOVAÇÃO E GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 11., São Paulo, 2017.

Projeto de bens e abordagens para o projeto de produtos

No caso em que são bens físicos, o projeto de desenvolvimento do produto (PDP) é uma fase fundamental porque estabelece as diretrizes para a manufatura e layout da UP adequada para a produção. O desafio está em eliminar requisitos/atividades que não agregam valor ao cliente. Existem dois cenários importantes que devem ser analisados: o cenário de clientes internos e o cenário de clientes externos. Internamente, o foco maior deve ser eliminar atividades que não agregam valor ao produto e que podem sobrecarregá-las de forma desnecessária. Externamente, consiste no desenvolvimento de produtos que podem estar aquém das necessidades do mercado, deixando de atender às expectativas do cliente ou, então, no outro extremo, oferece um produto que é muito sofisticado para as necessidades do perfil de mercado que deseja atender e perde a competitividade em função do custo elevado que incorpora em seu processo de fabricação. Para evitar os desperdícios e formulação equivocada dos requisitos é que existem técnicas que auxiliam no PDP. De acordo com Neumann e Scalice (2015) tem-se:

- Engenharia Simultânea.
- Projeto para Manufatura e Montagem – DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*).
- Desdobramento da Função Qualidade – QFD (*Quality Function Deployment*).

- Análise dos Modos de Falha e Efeitos – FMEA (*Failure Modes And Effects Analysis*).
- Análise de Ciclo de Vida do Produto – ACV e Projeto para o meio ambiente – DFE (*Design for Environment*).

Observando-se a Figura 1.4 verifica-se que o melhor momento para se implantar mudanças em um projeto é no início do ciclo de vida do produto. Por esse motivo, aplicar o conceito de engenharia simultânea é atraente, uma vez que consiste em adotar uma visão sistemática para abordar os diferentes elementos do ciclo de vida do produto desde o início.

Por sua vez, o DFMA engloba duas técnicas diferentes, ou seja, a voltada para a manufatura e a voltada para a montagem. No caso do projeto visando a manufatura, a diretriz básica é reduzir ao máximo o número de peças contidas em um produto, ou seja, o objetivo é produzir peças multifuncionais utilizando materiais padronizados que atendem a normas vigentes e que facilitam as operações de processamento em um contexto de desenvolvimento de projetos modulares. Quanto ao projeto voltado para a montagem, o objetivo é reduzir o número de partes e buscar o encaixe ideal entre elas, aplicando-se o conceito de montagem em camadas, obedecendo ao sentido da gravidade. Dessa forma espera-se obter elementos de montagem rápida, segura e sem a necessidade de ajustes.

O QFD utiliza como diretriz básica a Casa da Qualidade, que faz uso de um procedimento fundamental para relacionar os requisitos e necessidades do cliente aos requisitos daquilo que deve ser realizado no projeto. A sequência de preenchimento da Casa da Qualidade pode ser vista na Figura 1.4. É fundamental observar que todos os requisitos de projeto precisam ser quantificáveis para que seja possível priorizar os de maior importância.

Figura 1.4 | Procedimento para preenchimento da casa da Qualidade

		3) Analisar e definir Requisitos de Projeto (RP) que estejam vinculados a eles.
1) Inserir requisitos dos clientes (RCs)	2) Definir pesos dos RCs	4) Analisar a correlação existente entre cada RC e RP listados (matriz de correlação)
		5) Calcular a importância de cada RP (multiplicar pesos e correlação, somando os valores coluna por coluna)

Fonte: Neumann e Scalice (2015, [s.p.]).

De acordo com Amaral e Toledo (2015), a análise FMEA é uma metodologia que procura minimizar os riscos por meio da investigação de possíveis falhas que possam ocorrer considerando suas causas

e seus efeitos. Dessa forma é possível que sejam realizadas ações para melhorar a segurança do sistema produtivo. Nesse contexto, a FMEA pode ser realizada de três formas diferentes:

- Voltada para o produto – analisa as falhas que podem ocorrer no produto no contexto das especificações de projeto. É conhecida como FMEA de projeto.
- Voltada para o processo – analisa as falhas que podem ocorrer em virtude do planejamento do processo.
- Voltada para procedimentos administrativos – o princípio é o mesmo, mas com um foco maior em questões administrativas.

A base para aplicação dessa metodologia consiste na elaboração do formulário FMEA. Para isso é necessário que o gestor de projetos defina uma equipe de profissionais competentes que tenha experiência no objeto a ser analisado para que sejam discutidas as possíveis falhas, suas causas e efeitos e os índices que sejam capazes de avaliar os riscos para que se possam discutir ações a serem tomadas para melhoria. Portanto, para aplicação da metodologia FMEA deve-se utilizar o seguinte procedimento básico (AMARAL; TOLEDO, 2015):

1. Descrição do produto ou processo - defina quem está sendo analisado.
2. Função do produto - qual função desse produto está sendo analisada.
3. Modo de falha – como a função pode não ser executada.
4. Efeito da Falha – descrição dos efeitos da ocorrência da falha.
5. Causa da falha – descrição das possíveis causas.
6. Índices – qual a severidade (S), a frequência com que ocorre (O), a possibilidade de detecção (D) e a prioridade de risco (R) obtida pela multiplicação dos três índices anteriores.
7. Ações de melhoria – são possíveis ações que podem ser tomadas para melhoria do produto.

Com base nessas informações, podem ser documentados formulários conforme esboçado na Figura 1.5. A partir dessa análise sistemática é possível obter como resultado um conjunto de indicadores que podem prevenir a ocorrência de falhas e que podem melhorar a confiabilidade de um sistema produtivo.

Figura 1.5 | Exemplo padrão de formulário FMEA

Análise do Tipo e Efeito de Falha																					
Cod_pec: Nome da Peça: Data: Folha Nº: ____ de ____										<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto											
Descrição do Produto/ Processo	Função(ões) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria											
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Medidas Implantadas	Índices Atuais								
													S	O	D	R					

Fonte: Amaral e Toledo (2015, p. 5).



Refleta

Para garantir a segurança de sistemas produtivos que são críticos no sentido de poderem causar explosões durante a execução de seus processos, é fundamental garantir elevados níveis de confiabilidade.

A aplicação da metodologia FMEA pode resolver essa questão?

Nesse caso seria necessário elaborar FMEA de projeto ou de processo?

Concluindo, de acordo com Neumann e Scalice (2015), a ACV consiste em um método baseado na *ISO 14000* para gestão ambiental considerando o impacto ambiental, a questão da reciclagem, da remanufatura e do reuso. Nesse contexto o DFE atua diretamente para a redução desse impacto buscando otimizar o material usado na fabricação de um produto e a otimização de sua produção e distribuição, considerando, inclusive, o impacto durante o uso do produto e seu descarte final. Frente a isso, destacam-se as seguintes medidas:

- a) Minimizar o uso de energia para a fabricação e durante o uso do produto.
- b) Maximizar o uso de fontes de energia limpa no uso do produto e para sua fabricação.
- c) Maximizar o uso de material reciclável considerando a viabilidade do processo de reciclagem.

Dessa forma, você passa a ter uma visão concreta a respeito de como deve ser considerado o projeto de bens e serviços no contexto do projeto de fábrica baseado na metodologia PFL.

Seu novo cliente é uma empresa que deseja avaliar a produção de um novo item em sua linha de produtos, que são as lâmpadas dicroicas LED de 5W. Trata-se de uma empresa de excelente reputação no mercado em outro tipo de atividade e que deseja manter sua competitividade no mercado relacionada à fabricação desse novo produto. Você já realizou um excelente trabalho para estabelecer uma nova cultura na empresa a fim de lidar com esse tipo de produção. Por isso, seu cliente precisa de um relatório técnico que o oriente a respeito de como avaliar a qualidade dessas lâmpadas e como fazer uma análise sobre o que pode falhar nesse novo produto.

Esboço do Relatório

Para o caso da fabricação de lâmpadas de LED conforme especificado pelo cliente, como se trata de um novo produto, é importante que, para diminuir a possibilidade de ocorrência de falhas, seja aplicada a ferramenta de análise FMEA. O ponto-chave é, portanto, elaborar o formulário FMEA. Para isso é necessário realizar reuniões técnicas com todos os envolvidos que conhecem o processo de fabricação para obter as informações necessárias. Essas reuniões devem ser conduzidas para se obter dados sobre: (I) as funções associadas ao produto; (II) tipo de falha que pode ocorrer; (III) efeito da falha; (IV) causa da falha e (V) índices: severidade, ocorrência, detecção e riscos. A partir dessas informações é que será possível elaborar o formulário FMEA. Uma possibilidade de informações que você poderá levantar sobre a fabricação de lâmpadas de LED é:

- Sobre o que deve ser analisado a respeito do produto, a equipe de profissionais experientes apontou as seguintes partes para análise: LEDs; placa de acrílico difusora; circuito eletrônico de alimentação.
- Sobre as possíveis falhas em potencial avaliadas pelos especialistas, foram coletadas as seguintes informações:
 - F1 - Problemas de soldagem dos LEDs.
 - F2 - LEDs apagados ou parcialmente acesos.
 - F3 - Circuito retificador da fonte de alimentação danificado.
 - F4 - Placa difusora de luz manchada.
- Quanto à causa e o efeito de cada uma das falhas, foi concluído o seguinte:

- Se houver problemas de soldagem dos LEDs, eles não acenderão. A principal causa é que a solda na placa de circuito impresso está imperfeita.
- Se os LEDs estiverem apagados ou parcialmente acesos, a fita que contém os LEDs foi danificada. A principal causa é fragilidade para manuseio durante a montagem.
- Se o circuito retificador da fonte de alimentação estiver danificado, os LEDs não serão ativados e permanecerão apagados. A causa é que os diodos foram mal soldados.
- Se a placa difusora de luz apresentar manchas é porque os LEDs foram encostados na placa difusora. A causa é erro de posicionamento da fita no suporte metálico.

Informações quanto aos índices não foram coletadas nas entrevistas realizadas, portanto, com base nas informações levantadas, é possível implementar um esboço do formulário FMEA conforme apresentado no Quadro 1.3.

Quadro 1.3 | Esboço do formulário FMEA

Item Produto	Função	Modo de Falha	Efeito da Falha	Causa da Falha
LEDs	Iluminação	Problemas de soldagem dos LEDs.	LEDs não acendem.	Solda na placa de circuito impresso está imperfeita.
		LEDs apagados ou parcialmente acesos.	Fita que contém os LEDs foi danificada.	Fragilidade para manuseio durante a montagem.
Fonte	Alimentação do circuito	Circuito retificador da fonte de alimentação danificado.	LEDs apagados.	Diodos foram mal soldados.
Placa difusora de luz	Difusão da luz emitida via LEDs.	Placa difusora de luz manchada.	LEDs foram encostados na placa difusora.	Erro de posicionamento da fita no suporte metálico.

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir das informações coletadas será possível avaliar quais são os principais itens do produto que devem ser analisados para garantir a qualidade daquele que será fabricado. Para evitar as falhas é importante observar que a tecnologia de fabricação que for adotada deverá influenciar diretamente na melhoria da qualidade.

Impacto ambiental na produção de refrigerantes

Descrição da situação-problema

Considere o caso de um novo cliente que deseja fabricar refrigerantes em embalagens de 500 ml, e que ainda há uma questão pendente de análise: o impacto ambiental que essas embalagens podem gerar. Ele tem centralizado sua análise em termos de uso de produtos recicláveis e considera que com isso resolverá plenamente essa questão. Por exemplo, a questão do material da embalagem ser PET é bastante interessante, mas o vidro é infinitamente reciclável. Seu cliente quer saber se existem outros requisitos que devem ser atendidos para que o impacto ambiental de fabricação desse refrigerante seja reduzido.

Resolução da situação-problema

O conceito de impacto ambiental para a fabricação da embalagem está relacionado ao uso de materiais descartáveis. Entretanto, isso não é suficiente. Por exemplo, se for considerado o problema de reciclagem da garrafa PET, a possibilidade de reciclagem é maior do que do vidro, pois o vidro depende de uma logística mais complexa já que apenas determinadas regiões do país viabilizam essa reciclagem. Por sua vez, o vidro é mais pesado e ocupa mais volume. Isso afeta tanto a armazenagem quanto a logística, envolvendo assim o transporte de cargas. Nesse contexto, percebe-se que é necessário atender a um conjunto de requisitos que envolve mais que a reciclagem, como, por exemplo:

- **Minimizar o uso de energia para a fabricação e durante seu uso** – primeiramente, a fabricação do PET baseia-se no uso de plástico que é derivado do petróleo. Para sua fabricação utiliza-se a técnica de injeção e sopro, o que minimiza o gasto de energia se comparado ao vidro, que necessita de fornos de alta temperatura para fusão. Além disso, o transporte de embalagens de vidro torna-se mais caro por causa do peso e por serem transportadas menos unidades para um mesmo volume de carga.
- **Maximizar o uso de material reciclável** – é importante associar o conceito de reciclável ao conceito de reciclado, ou seja, o mais importante é utilizar como critério de decisão a escolha por componentes que apresentem processos de reciclagem mais eficientes. Por exemplo, o vasilhame pode ser PET por causa da facilidade do processo de reciclagem. Por sua vez, o vidro pode ser reutilizado cerca de 40 vezes, enquanto o PET tende a ser descartável.

Dessa forma, um estudo detalhado sugere que o melhor seria juntar as propriedades de ambos os materiais: a durabilidade do vidro e a versatilidade do PET. Isso significa utilizar um PET retornável para diminuir o custo com reciclagem intensa.

Faça valer a pena

1. Para se definir serviço, uma das formas mais completas seria a que enumera as suas principais propriedades. Considerando esse contexto, preencha as lacunas do texto a seguir:

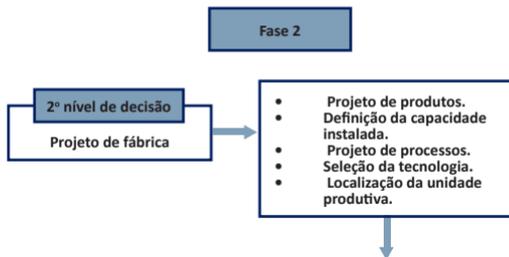
Um serviço é _____ e não há como associar o conceito a algo que possui um aspecto _____. Provoca sempre algum tipo de _____ com o cliente, fazendo com que ele tenha uma experiência com o sistema que oferece o serviço.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas conforme a ordem em que aparecem no texto.

- a) Intangível; físico; interação.
- b) Tangível; físico; interação.
- c) Intangível; conceitual; interação.
- d) Intangível; conceitual; dificuldade.
- e) Tangível; físico; dificuldade.

2. Considere a Figura a seguir que representa a fase de Projeto de Fábrica da metodologia PFL.

Figura | A Fase de Projeto de Fábrica da metodologia PFL



Fonte: Neumann e Scalice (2015, [s.d.]).

Baseado nessa Figura você afirmaria que:

- I. O termo Projeto de Fábrica não está associado com edificação.
- II. Trata-se de uma continuidade após a conclusão do plano estratégico.
- III. O projeto de produtos envolve bens e desconsidera serviços.

Assinale a alternativa que associa corretamente Verdadeiro e Falso às afirmações.

- a) V-V-V.
- b) V-V-F.
- c) V-F-F.
- d) V-F-V.
- e) F-F-V.

3. O modelo do processo de serviços para serem oferecidos para um determinado perfil de cliente envolve uma série de etapas. Nesse contexto, você afirmaria que:

- I. O projeto de concepção de serviço cuida do mapeamento do processo.
- II. O uso de fluxogramas é adequado para o mapeamento de processos.
- III. Na fase do projeto de instalações do serviço deve ser considerado o dimensionamento da capacidade produtiva.

Assinale a alternativa que analisa corretamente as afirmações.

- a) Somente a afirmação I é verdadeira.
- b) Somente a afirmação II é verdadeira.
- c) Somente a afirmação III é verdadeira.
- d) Somente as afirmações II e III são verdadeiras.
- e) Somente as afirmações I e III são verdadeiras.

Processos produtivos: projeto

Diálogo aberto

Para o projeto de fábricas é essencial lidar com a questão da descrição dos processos produtivos que serão executados de forma detalhada para que atendam ao perfil de cliente que se tem como foco e também à demanda que se pretende suprir.

Seu cliente é uma empresa que atua na área de fabricação de dispositivos elétricos e que está decidido a expandir seu mercado e avaliar a produção de um novo item em sua linha de produtos: a fabricação de lâmpadas dicroicas LED de 5W. É uma empresa reconhecida no mercado por fabricar produtos sob encomenda e que planeja o desenvolvimento de um novo projeto para um ambiente de produção e operações baseado em produção para estoque, adequado para a fabricação das novas lâmpadas.

Seu cliente já vem adotando uma nova cultura para o novo projeto e já cuidou da questão de como avaliar a qualidade do produto que será fabricado e a possibilidade de ocorrência de falhas nesse mesmo produto. Outro aspecto fundamental que ele está com dificuldade de planejar é a questão do modelo de processo que deve ser desenvolvido para que sua equipe de desenvolvimento possa entender como representar a fabricação do novo produto. Além disso, se forem considerados os postos de trabalho que estão envolvidos nessa fabricação, qual o nível de automação que pode estar associado?

Seu superior solicitou a você que faça uma apresentação de como desenvolverá esse modelo e como refletir sobre o nível de automação que pode estar associado.

Para desenvolver essas atividades, você verá como o projeto de fábrica deve considerar a questão de atender a um determinado volume de produção associado a uma variedade de produtos que se deseja ofertar para o mercado. Esses conceitos serão vistos tanto no caso da produção de bens quanto no caso de prestação de serviços. Em seguida, você verá questões especificamente voltadas para o projeto de processos de fabricação e a influência causada pelos materiais que são selecionados. Por fim, você verá como podem ser elaborados diagramas de processos para que seja possível identificar pontos críticos que influenciam diretamente a qualidade e produtividade.

Um ótimo desempenho em seus estudos!

Um sistema produtivo é caracterizado por um conjunto de atividades que precisam ser realizadas. A execução dessas atividades origina os chamados processos produtivos (SLACK *et al.*, 2018). Já vimos que esses processos podem estar associados à prestação de serviços ou a produção de bens.

Em ambos os casos, foi visto também que há duas dimensões importantes a serem consideradas a partir do momento em que esses processos são executados. De um lado existe uma demanda que requer um volume a ser fabricado ou oferecido, em termos de bens ou serviços, e, por outro lado, existe uma demanda por diversificação de produtos que requer um sistema produtivo que seja capaz de fabricar um mix de bens e serviços capazes de atender a esse cenário.

Relação entre volume e variedade para bens

Há um projeto de fábrica adequado para cada contexto de variedade de produtos que um sistema produtivo precisa fabricar. Se for o caso de fabricar um bem ou serviço que não pode ser identificado de forma individual, ou seja, que são produzidos continuamente, então deve-se implantar sistemas de **Processos de Produção Contínuos (PC)**. Entretanto, se os produtos forem individualizados, é o caso de sistemas de **Processos de Produção Discretos (PD)**. Por sua vez, os PD podem ser subdivididos em: (i) **Processos de Produção em Massa (PM)**, quando envolver processos específicos sem variabilidade e fortemente padronizados; (ii) **Processos de Produção em Lotes (PL)**, para o caso de envolver bateladas que exigem *setup* de máquinas a cada lote; e (iii) **Processos de Produção por Jobbing (PJ)**, em que há aumento da variedade de produtos exigindo maior flexibilidade e dispensa o *setup* de máquinas. Por fim, existem os **Processos de Produção por Projeto (PP)**, em que o produto exige a dedicação de recursos específicos e exclusivamente para o projeto e que, ao final deste, são liberados para um novo projeto. O Quadro 1.4 sintetiza a classificação dos processos de produção em função da variedade.

Quadro 1.4 | Classificação dos processos de produção para bens em função da variedade

Variedade	Muito Alta	PP				
	Alta		PJ			
	Média			PL		
	Baixa				PM	
	Muito Baixa					PC

Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 10).

Relação entre volume e variedade para serviços

O projeto da fábrica para a prestação de serviços deve considerar o volume de clientes que ela deseja atender por período para um determinado negócio e a variedade desses serviços que estará relacionada com o grau de personalização que se deseja implantar, além do perfil de clientes e o nível de contato para relacionar-se com o próprio cliente. Se o objetivo for prestar serviços que demandam um contato intenso com o cliente e que exigem elevada customização para se adaptarem às necessidades dos clientes, devem ser implantados sistemas de **Serviços Profissionais (SP)**. O outro extremo é lidar com serviços que são padronizados com baixo nível de contato com o cliente. Nesse caso, devem ser implantados sistemas de **Serviços em Massa (SM)**. Por fim, se a situação de prestação de serviços for intermediária, isto é, com alguma padronização, mas que mantenha um contato significativo com o cliente, devem ser implantados sistemas de **Lojas de Serviços (LJ)**. O Quadro 1.5 apresenta um resumo de como esses tipos de sistemas se comportam em função da variedade de serviços oferecidos.

Quadro 1.5 | Classificação dos processos de produção para serviços em função da variedade

Variedade	Alta	SP		
	Média		LJ	
	Baixa			SM
		Baixo	Médio	Alto
Volume				

Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 10).

Processos de fabricação - projeto de processos produtivos

Uma das áreas que mais evoluiu é a de desenvolvimento de materiais para a fabricação de componentes. Por exemplo, a indústria voltada para a fabricação de órgãos artificiais está diretamente associada ao desenvolvimento de novos materiais que apresentem baixo índice de rejeição pelo corpo humano e também que disponham de um tempo de vida adequado para que não falhem durante o ciclo de vida do paciente. O implante de próteses em joelhos humanos é um caso delicado, pois o tempo de vida do dispositivo é limitado a cerca de dez anos, e o número de cirurgias pelas quais o paciente pode passar é limitado. Portanto, se o paciente for jovem ou de meia idade, certamente terá problemas que poderão impossibilitar sua locomoção no futuro. Nesse contexto, conforme lançarem novos produtos, faz-se necessária a elaboração de novos processos, e a definição do processo está relacionada com o material a ser empregado, as características físicas do produto e o volume que se pretende produzir (TUBINO, 2015).



Assimile

A influência do material

Por exemplo, se o material for metálico, envolve a aplicação de processos de usinagem para a remoção de material (torneamento e fresagem, entre outros) ou processos de conformação (deformação mecânica provocando estampagem de peças, por exemplo), ou ainda, processos metalúrgicos (como os que envolvem fundição e soldagem). No caso de materiais poliméricos, temos a injeção (o material é injetado em um molde mediante alta pressão), o sopro (o material pré-moldado é soprado dentro de cavidades, como se fabricam as garrafas PET) e a extrusão, que consiste em pressionar um material sobre um molde continuamente, produzindo perfis de tubulações, por exemplo. Existem ainda os materiais cerâmicos que envolvem a utilização de fornos de elevadas temperaturas para cozimento do material e madeiras que são processadas por meio de operações que envolvem a remoção de material por meio do corte, furação e fresagem (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Por sua vez, os processos de fabricação são limitados por uma série de fatores que envolvem questões econômicas para que haja viabilidade de comercialização do produto e também questões técnicas a respeito de formato geométrico e propriedades físicas (massa, volume, densidade, potência, torque, etc.) que precisam ser contemplados no momento de definição do processo de fabricação.

Quanto às questões técnicas, cada material apresenta uma determinada flexibilidade em termos de processos de fabricação que é capaz de suportar. O Quadro 1.6 ilustra a relação entre diferentes materiais e os diversos processos de fabricação que são compatíveis.

Quadro 1.6 | Materiais e processos de fabricação compatíveis

Material \ Processos	Aço ao carbono	Aço inox	Ferro Fundido	Ligas Al	Ligas Cu	Ligas Zn	ABS	PA	PP
Fundição em areia	●	●	●	●	●	⊙			
Torneamento	⊙		⊙	●	●	⊙	⊙	⊙	⊙
Fresamento	⊙		⊙	●	●		⊙	⊙	⊙
Retificação	●		●	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
Estampagem	⊙	⊙	⊙	●	●	●			
Forjamento	⊙	⊙	○	●	●	○			
Estrusão	⊙	⊙	○	●	●	⊙	●	○	●

● - Excelente; ⊙ a- Bom; ○ - Raramente utilizado.

Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 10).

Quanto às restrições econômicas, não se deve simplesmente optar pelo processo de fabricação que tecnicamente seja ótimo. O referencial deve englobar também o volume de produção desejado para que em conjunto seja definido qual o melhor processo que atende à demanda planejada, pois muitas vezes a escolha pode envolver um processo de alta qualidade técnica, mas que é lento para atender a uma determinada demanda, comprometendo o planejamento estratégico da fábrica.

Resolvidas as restrições, o próximo passo é otimizar, o que pode envolver o uso de realidade virtual utilizando ferramentas computacionais que simulam os processos de fabricação para se dimensionar os resultados a serem obtidos. É o caso de ferramentas computacionais de Manufatura Auxiliada por Computador (CAM – “*Computer Aided Design*”), por exemplo.

Por fim, realiza-se o planejamento detalhado do processo de fabricação por meio da segmentação em dois contextos:

- Planejamento Macro da Montagem – determina a sequência da montagem, buscando a redução e facilidade de operações de manipulação dos componentes.
- Planejamento Macro do processo – corresponde à especificação do sequenciamento de todas as operações envolvidas no processo e também dos recursos necessários para executar cada operação. Dependendo da complexidade do processo, pode ser necessário realizar novos desdobramentos, em que seriam detalhados os conjuntos de ações para executar uma operação complexa, as ações de preparação (*setup*) das máquinas e ferramentas necessárias a fim de que estejam prontas para execução das operações planejadas.



Refleta

Uma equipe de técnicos está discutindo a respeito do melhor processo de fabricação a ser adotado para uma nova linha de produtos que uma determinada empresa deverá iniciar a fabricação.

A decisão deve ser pelo melhor processo de fabricação em termos técnicos para que a competitividade da empresa seja garantida?

Engenharia de processos de negócios

Para que se possa fazer a gestão de processos em um sistema produtivo é necessário aplicar técnicas para o mapeamento dos processos existentes. A execução desses processos pode ser feita por meio de representações gráficas baseadas em diagramas e grafos orientados (NEUMANN; SCALICE, 2015).

O objetivo é que a representação do processo permita que sejam identificados pontos críticos que influenciam diretamente a qualidade e produtividade. Para que seja possível haver uma padronização nessa representação, foi proposta pela ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) uma simbologia que está representada no Quadro 1.7 (GOMES; SOUZA, 2010).

Quadro 1.7 | Simbologia para representação de processos

Símbolo	Atividade
○	Uma operação, tarefa ou atividade de um trabalho
⇒	Um movimento de materiais, informações ou pessoas de um lugar para outro
□	Uma inspeção, verificação ou exame de materiais, informações ou pessoas
D	Uma espera ou uma pausa no processo
▽	Uma estocagem, estoque de materiais, arquivos ou fila de pessoas

Fonte: Gomes e Souza (2010, p. 5).



Exemplificando

A representação de um processo de montagem de uma estação de trabalho que encaixa um corpo no orifício de uma base envolve as seguintes etapas: (1) Deslocar-se para pegar base; (2) Pegar base; (3) Ir até o fixador; (4) Encaixar base; (5) Deslocar-se até o corpo; (6) Pegar corpo; (7) Ir até o fixador; (8) Encaixar corpo na base; (9) Ir até o buffer de saída e (10) Depositar o conjunto no pallet.

Um exemplo de diagrama construído para esse caso é mostrado no Quadro 1.8.

Quadro 1.8 | Diagrama do processo exemplificado

Distância em metros	Símbolo	Descrição
5	⇒	Deslocar-se para pegar base
0	①	Pegar base
5	⇒	Ir até o fixador
0	②	Encaixar base
7	⇒	Deslocar-se até o corpo
0	③	Pegar corpo
7	⇒	Ir até o fixador
0	④	Encaixar corpo na base
6	⇒	Ir até o buffer de saída
0	⑤	Depositar o conjunto no pallet

Fonte: elaborado pelo autor.

Observando esse diagrama verifica-se que:

- Foi associado um símbolo para cada atividade, havendo um ponto de entrada e outro de saída do processo.
- É possível identificar todas as operações e movimentações que são realizadas para se analisar opções de aprimoramento. Além da distância, outros parâmetros podem ser computados, como o tempo.

Uma forma de gerar esses modelos é identificando inicialmente as entradas e saídas e enumerando as atividades presentes, sem se preocupar com a ordenação. Feito isso, aí sim se deve ordenar as atividades e escolher a simbologia adequada para se construir o modelo por meio da conexão ordenada dos elementos.

É fundamental você observar quanto esses diagramas podem ser úteis para se verificar os pontos críticos que precisam ser melhorados em um projeto e como a automação de determinadas operações pode influenciar a eficiência do processo e melhorar a produtividade e qualidade, impactando positivamente a competitividade de um sistema produtivo.



Pesquise mais

Manter a competitividade é uma questão de sobrevivência em um mercado globalizado. Entretanto, ainda que os empresários acertem na questão de que a solução está em revisar a redução de custos constantemente, vários deles restringem essa visão, focando na diminuição dos serviços ofertados e no corte de funcionários. Isso causa uma distorção nas organizações, pois a estratégia mais adequada é rever os processos produtivos e focar em maior produtividade. Leia o artigo que segue para obter outras informações.

OTIMIZE os processos produtivos da sua empresa e reduza os custos.

Portal Sebrae. [S./, s.d.].

Conclui-se, dessa forma, uma visão geral a respeito de processos produtivos e como a variedade de produtos deve ser considerada em função da demanda de um determinado volume de produção, tanto para o caso de bens quanto de prestação de serviços no projeto de fábrica.

Seu cliente é uma empresa que atua na área de fabricação de dispositivos elétricos e eletrônicos e que decidiu atuar na fabricação de lâmpadas dicroicas LED de 5W. Ele já vem adotando uma nova cultura para o novo projeto e já fez uma análise a respeito de como avaliar a qualidade do produto que será fabricado e a possibilidade de ocorrência de falhas nos mesmos. Entretanto, seu cliente está com dificuldade de planejar a questão do modelo de processo que deve ser desenvolvido para que sua equipe de desenvolvimento possa entender como representar a fabricação do novo produto. Além disso, se forem enumerados os postos de trabalho para a fabricação das lâmpadas, é importante saber o nível de automação que pode estar associado.

Seu superior solicitou a você que faça uma apresentação de como desenvolverá esse modelo e como refletir sobre o nível de automação que pode estar associado.

Esboço da apresentação

Inicialmente é necessário coletar as informações com o cliente a respeito de como será o processo de fabricação e enumerar as entradas e saídas e principais atividades envolvidas. Nesse caso, uma possível descrição inicial fornecida pelo cliente poderia ser: (1) Fabricação das placas de circuito impresso (CI); (2) Encaixe de material eletrônico para a fabricação dos circuitos eletrônicos que vão ativar os LEDs; (3) Soldagem dos elementos nas placas; (4) Montagem das lâmpadas de LED; (5) Teste de funcionamento; (6) Embalar as lâmpadas; (7) Organizar o produto nos pallets para transporte; (8) Armazenar os pallets.

Essas são as principais atividades. Observando-se que os produtos precisam ser movimentados assim que iniciam ou terminam uma determinada operação, obtém-se o Quadro 1.9 com o Diagrama de Processo ilustrado e mais as informações adicionais que foram fornecidas pelo cliente, ou seja, o tempo estimado que é gasto em cada operação. Observando esses dados, verifica-se também que as operações 5 e 6 são as que consomem mais unidades de tempo. Portanto, são operações críticas que devem ser analisadas para que sejam automatizadas.

Depois desses pontos, as atividades 19, 20 e 21 também devem ser avaliadas como possível alvo de automação.

Dessa forma, o cliente poderá construir modelos detalhados dos processos e analisar os pontos críticos que podem ser fundamentais para melhorar a produtividade e qualidade do produto. Por exemplo, a soldagem de componentes é um ponto crítico que pode resultar em falha do produto. Portanto, além de melhorar a produtividade, haverá impacto na qualidade. Com isso, houve um avanço em

dominar a metodologia PFL para projetos de bens, serviços e processos produtivos pertinentes à Fase 2 de Projeto de Fábrica.

Quadro 1.9 | Diagrama do processo de fabricação de lâmpadas de LED

No.	Simbologia	Tempo	Descrição
1	○ ⇒ □ ▢ ▽	3	Fabricação da placa de CI.
2	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da placa de CI.
3	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Estocagem de placa de CI.
4	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da placa de CI.
5	○ ⇒ □ ▢ ▽	10	Encaixe dos componentes eletrônicos na placa de CI para fabricação dos circuitos eletrônicos de ativação das lâmpadas.
6	○ ⇒ □ ▢ ▽	20	Soldagem dos elementos nas placas.
7	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da placa de CI soldada.
8	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Estocagem da placa de CI soldada.
9	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da placa de CI soldada.
10	○ ⇒ □ ▢ ▽	5	Montagem da lâmpada de LED.
11	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da lâmpada de LED.
12	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Estocagem da placa da lâmpada de LED.
13	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da lâmpada de LED.
14	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Teste de funcionamento da lâmpada de LED.
15	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da lâmpada de LED.
16	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Estocagem da placa da lâmpada de LED.
17	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Movimentação da lâmpada de LED.
18	○ ⇒ □ ▢ ▽	2	Embalar a lâmpada de LED.
19	○ ⇒ □ ▢ ▽	6	Organizar nos pallets para transporte.
20	○ ⇒ □ ▢ ▽	4	Movimentar os pallets.
21	○ ⇒ □ ▢ ▽	4	Armazenar os pallets.

Fonte: elaborado pelo autor.

Avançando na prática

Reestruturação de uma fábrica de autopeças

Descrição da situação-problema

Uma fábrica de autopeças pretende ampliar o seu mercado consumidor, e para isso quer aumentar a variedade de produtos que fabrica.

Sua experiência está na produção em lotes de peças. Entretanto, com a mudança de perfil de cliente que ela atende, decidiu atuar em um novo nicho de mercado mais voltado para fabricação de peças para uso em veículos de alto desempenho e que dispõem de maior variedade em virtude da especificidade de aplicação das peças. A produção em lotes está se tornando inviável, pois exige sempre um tempo adicional para mudança de lote o que causa uma diminuição da produtividade. Com isso, a consequência imediata é o encarecimento do produto que faz com que a empresa comece a perder competitividade. Entretanto, dada a cultura da empresa de trabalhar com lotes padronizados de peças para obter elevados volumes de produção, seus dirigentes não conseguem visualizar uma solução viável para essa nova realidade. O problema se resume à seguinte questão: como poderá rever seu modelo de produção para se adequar a essa nova realidade? Faça um esboço de uma solução de encaminhamento para resolver este desafio.

Resolução da situação-problema

Uma vez que se trata de um cliente que sempre produziu lotes de peças, sua cultura consiste em organizar famílias de peças em lotes para que atinja elevados índices de produção. Entretanto, nessa sistemática, o grande problema é que a cada novo lote o sistema produtivo para de operar para que sejam realizadas operações de *setup* nas máquinas.

Esse é um problema cuja resolução depende de uma mudança em termos de modelo de processo de produção que está sendo adotado. Faz-se necessário considerar um modelo que:

- Seja capaz de suportar grande variedade de produtos.
- Apresente flexibilidade operacional em suas máquinas.
- Dispense o uso de *setup*.
- Permita a realização de múltiplos processos de fabricação de forma simultânea.

Para atender a essas necessidades, uma possibilidade de modelo de processo produtivo é o Processo de Produção por *Jobbing* (PJ). Dessa forma, a maior flexibilidade das máquinas inibe a necessidade de parada para *setup*, o que deve provocar um aumento da produtividade associado a um aumento da variedade, conforme desejado.

1. A influência do material no processo de fabricação é muito grande.

Nesse contexto, preencha as lacunas a seguir:

Se o material for _____, envolve a aplicação de processos de usinagem para a remoção de material ou processos de conformação. No caso de materiais _____, temos a injeção, o sopro e a extrusão. Existem ainda os materiais _____, que envolvem a utilização de fornos de elevadas temperaturas para cozimento do material e madeiras que são processadas por meio de operações que envolvem a remoção de material.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas conforme a ordem em que aparecem no texto.

- a) metálicos; poliméricos; cerâmicos.
- b) isolantes; poliméricos; cerâmicos.
- c) metálicos; poliméricos; isolantes.
- d) metálicos; isolantes; poliméricos.
- e) metálicos; poliméricos; viscosos.

2. Para que se possa fazer a gestão de processos em um sistema produtivo é necessário aplicar técnicas para o mapeamento dos processos existentes. A representação desses processos pode ser feita por meio de representações gráficas baseadas em diagramas e grafos orientados.

Baseado nesse contexto, faça uma análise e assinale a alternativa correta.

- a) Não é uma ferramenta de trabalho para impactar na competitividade de um sistema produtivo.
- b) Precisa ser atualizado para suportar informações quantitativas associadas aos símbolos.
- c) Esses diagramas não podem ser aplicados para melhoria do sistema.
- d) Esses diagramas podem ser úteis para se verificar os pontos críticos de um processo.
- e) São diagramas que não auxiliam a análise para automação de sistemas.

3. O projeto da fábrica para a prestação de serviços deve considerar o volume de clientes que se deseja atender por período, focando-se um determinado negócio e a variedade desses serviços prestados. Essas definições estarão relacionadas a um conjunto de aspectos. Nesse contexto, você afirmaria que:

- I. Independe do grau de personalização que se deseja implantar.

- II. Depende do perfil de clientes que se pretende atender.
- III. O nível de contato para relacionar-se com o cliente é algo intrínseco que não afeta a questão supracitada.

Assinale a alternativa que avalia corretamente as afirmações.

- a) Somente a afirmação I é verdadeira.
- b) Somente a afirmação II é verdadeira.
- c) Somente a afirmação III é verdadeira.
- d) Somente as afirmações II e III são verdadeiras.
- e) Somente as afirmações I e III são verdadeiras.

- ANTUNES, J. *et al.* **Sistemas de Produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GOMES, D. R.; SOUZA, S. D. C. Mapeamento do processo de produção em uma fábrica do polo de cerâmica vermelha do Norte Fluminense. *In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos, Enegep: ABEPRO, 2010. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_stp_113_745_15604.pdf. Acesso em: 20 set. 2018.
- NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de Fábrica e Layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. Não paginado. E-book.
- RISSO, L. A. **Procedimentos sistemáticos para projeto de layout para ambientes job shop**. 2016. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Manufatura) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- TOLEDO, J. C. de; AMARAL, D. C. **FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha**. Apostila do Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade do Departamento de Engenharia e Produção da USP, 2015. Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.
- TUBINO, D. F. **Manufatura enxuta como estratégia de produção: a chave para a produtividade industrial**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

Unidade 2

Introdução ao projeto de fábrica

Convite ao estudo

Caro aluno, você está percebendo cada vez mais que para o desenvolvimento de sistemas produtivos competitivos é fundamental que o projeto destes sistemas seja realizado por profissionais competentes, capazes de aplicar metodologias relacionadas a este contexto de atividade.

Nesta unidade vamos continuar avançando na metodologia PFL e o foco será praticar a Fase 2 de projeto de fábrica para que você possa conhecer, compreender e saber aplicar os fundamentos de projeto de fábrica. Como resultado, você será capaz de analisar a capacidade instalada de uma fábrica e a adequação da localização de uma unidade produtiva.

Seu cliente está satisfeito com os resultados obtidos nesta primeira fase de estruturação do projeto em que foi formada uma nova cultura em sua equipe, capaz de dominar uma nova metodologia para o projeto de fábricas. Neste contexto, essa equipe foi capacitada a avaliar um conjunto inicial de recursos adequados para a fabricação deste novo produto, além de desenvolver a competência para modelar o processo considerando a possibilidade de automação. Agora seu cliente deseja avançar para resolver outro nível de dificuldades que estão associadas às tecnologias que devem ser utilizadas para implantar a nova fábrica. Além disso, ele tem dúvidas sobre o dimensionamento da capacidade operacional da futura planta e a localização mais adequada. Desta forma, são solicitadas apresentações e relatórios técnicos para você esclarecer como resolver os seguintes problemas:

- A. Como selecionar as tecnologias adequadas para a nova fábrica, considerando que a automação é uma característica que deve estar presente em uma empresa competitiva?
- B. Como estabelecer parâmetros para a operação da fábrica de tal forma que permita estimar sua capacidade operacional?
- C. Como proceder para decidir a melhor localização para esta nova planta?

Para a solução destes desafios você verá na primeira seção como deve proceder para selecionar as tecnologias adequadas para o projeto de uma fábrica. Na seção seguinte você verá detalhes a respeito de como estimar a capacidade instalada de sistemas produtivos e, na última seção desta unidade,

você verá como deve proceder para identificar a melhor localização de uma unidade produtiva.

Que os seus estudos sejam extremamente bem-sucedidos e que agreguem muito valor a sua formação!

Bom trabalho!

Tecnologia de processos: seleção

Diálogo aberto

O uso de tecnologias disponíveis no mercado para o desenvolvimento do projeto de fábrica é uma questão estratégica que deve ser analisada de forma criteriosa para que o público alvo que faz parte do plano de negócios seja contemplado em suas expectativas e necessidades. De uma forma geral, há uma diversificação muito grande de tecnologias que podem ser utilizadas, envolvendo basicamente as áreas de processamento de materiais, informações e de movimentação de materiais que fazem parte do escopo de realização dos processos produtivos.

Seu cliente está satisfeito com os resultados obtidos nesta primeira fase de estruturação do projeto em que foi formada uma nova cultura em sua equipe, capaz de dominar uma nova metodologia para o projeto de fábricas. Neste contexto, essa equipe foi capacitada a avaliar um conjunto inicial de recursos adequados para a fabricação deste novo produto, além de desenvolver a competência para modelar o processo, considerando a possibilidade de automação. Agora seu cliente deseja avançar para resolver outro nível de dificuldades que estão associadas às tecnologias que devem ser utilizadas para implantar a nova fábrica. Uma das grandes dificuldades que ele enfrenta está relacionada à seleção das tecnologias que devem ser utilizadas para a produção das lâmpadas LED:

- Como especificar o nível de automação dos recursos?
- É necessário ter operadores humanos no processo?
- Como será realizada a movimentação dos produtos fabricados?

A estratégia adotada para responder a estas questões foi escalar você para fazer uma apresentação que contemple a solução destes problemas.

Para desenvolver esta atividade você verá nesta seção uma visão introdutória das tecnologias que contribuem efetivamente para a realização dos processos produtivos em uma fábrica envolvendo recursos computacionais e máquinas automáticas, além de robôs para realização de processos de transformação, manipulação e transporte de materiais e redes industriais para integração do fluxo de informações na fábrica. Na sequência você verá quais são as dimensões envolvidas no processo de seleção de tecnologias, considerando de forma mais específica a fabricação de produtos. Depois você verá procedimentos que deve adotar para decidir se deve fabricar ou comprar itens que fazem parte de seu produto, considerando os possíveis cenários de uma fábrica nova ou de uma fábrica preexistente. Por fim, você verá quais são os

parâmetros mais importantes para que você possa selecionar fornecedores dos recursos e equipamentos que são necessárias para compor a fábrica.

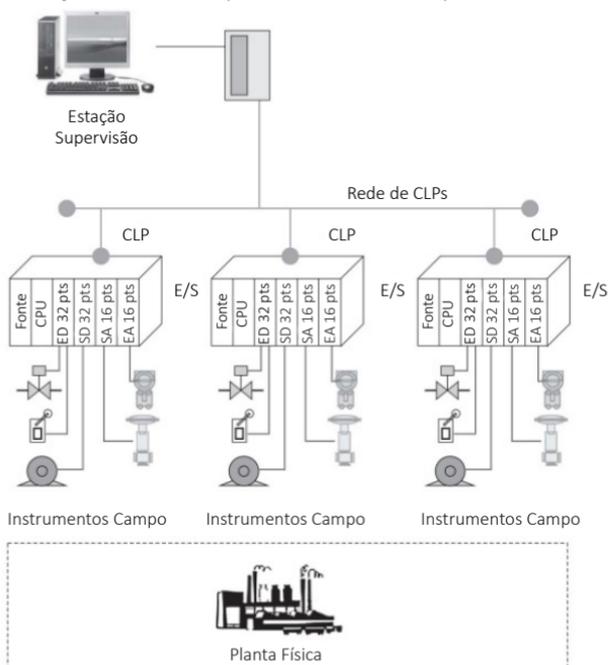
Um excelente estudo nesta nova unidade que se inicia!

Não pode faltar

Tecnologias de fabricação

A evolução tecnológica está intrinsecamente ligada à questão de uso de recursos computacionais no projeto de fábricas avançadas em que a automação é capaz de oferecer suporte para a realização dos processos produtivos. De uma forma geral, existem as seguintes áreas que devem ser alvo de investimentos tecnológicos no projeto dessas fábricas: a área de processamento de materiais, de informações e de movimentação de materiais. Inicialmente, a Figura 2.1 exemplifica como os recursos computacionais estão presentes nestas fábricas. Os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) são computadores que dispõem de interfaces para conexão direta com saídas físicas para acionamento de motores, válvulas e demais atuadores, e entradas associadas a transdutores que convertem vibrações, temperatura, velocidade, deslocamento, aceleração e força em sinais elétricos (SANTOS, 2014).

Figura 2.1 | Presença de recursos computacionais em sistemas produtivos



Fonte: adaptada de Santos (2014, p. 52).

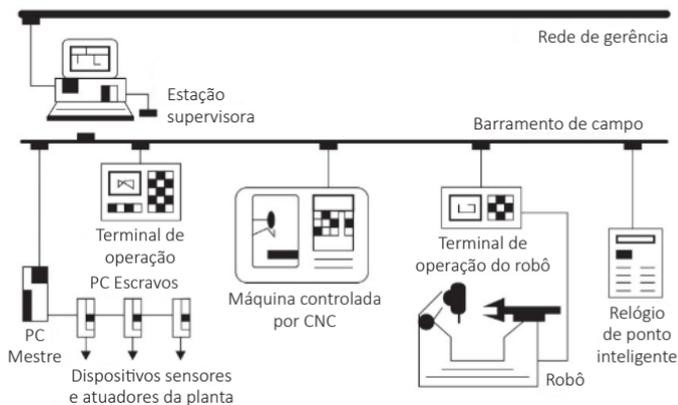


Assimile

Uso de máquinas CNC e Robôs

A Figura 2.2 ilustra a arquitetura de um sistema produtivo controlado em que se verificam os diferentes níveis de processamento envolvendo informações e materiais por meio da presença de estações de trabalho e de recursos que dispõem de sistemas computacionais embarcados, como é o caso de máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado). Estas são utilizadas para realizar operações de usinagem e que podem ser programadas para realizar estas tarefas. Além disso, podem estar presentes robôs a fim de serem utilizados para a realização de operações de manipulação, soldagem e transporte (SANTOS, 2014).

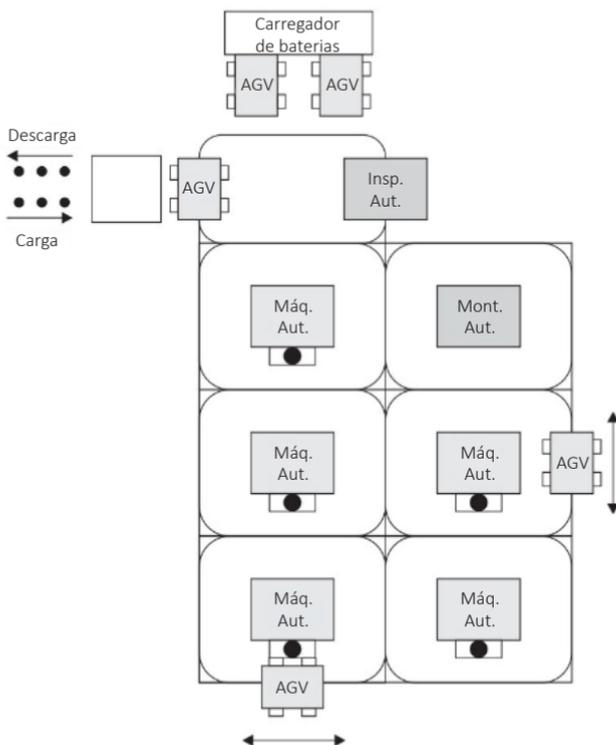
Figura 2.2 | Exemplo de arquitetura de sistema produtivo controlado



Fonte: Santos (2014, p. 29).

Além disso, existem os sistemas de movimentação responsáveis pela manutenção de itens na fábrica. Como exemplos clássicos, têm-se as esteiras transportadoras que podem ser acionadas por meio de motores elétricos ou que podem ser constituídas por roletas em que os itens fluem por ação da gravidade. Nos casos em que a automação está presente para a formação de fábricas compostas por células de manufatura é importante desenvolver um sistema flexível, ou seja, um sistema que tenha a possibilidade de realizar diferentes rotas de movimentação para manter o fluxo de materiais a fim de ser capaz de realizar essa função de transporte. Uma possível solução consiste em utilizar Veículos Autônomos de Transporte (AGVs) que transitem pela fábrica, transportando carga entre unidades de produção sem a necessidade de intervenção humana, conforme Figura 2.3 (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Figura 2.3 | Sistema produtivo com máquinas automáticas e AGVs para o transporte



Fonte: Filippo Filho (2014, p. 85).

Por sua vez, outra tecnologia presente de forma intensa é a de redes industriais que estão presentes nestas fábricas. Veja um exemplo de como estas redes estão presentes nas fábricas.

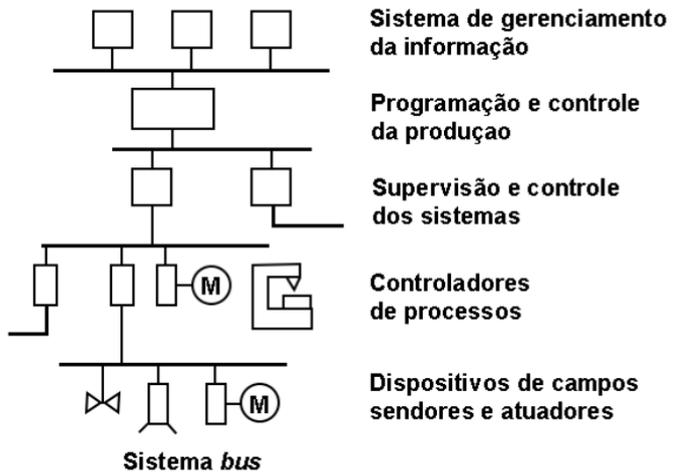


Exemplificando

A Figura 2.4 ilustra um exemplo de como a tecnologia de integração das fábricas para a constituição de fábricas automatizadas integradas por redes de comunicação industriais pode ser aplicada (FILIPPO FILHO, 2014). Inicialmente há uma integração entre os sistemas que gerenciam as informações de produção e os sistemas que programam e controlam a produção para se atingir a demanda solicitada. Estes programas precisam ser cumpridos e, para isto, é fundamental desenvolver sistemas que supervisionem a fábrica a fim de que os sistemas de controle executem a produção conforme programado, realizando as funções de controle sobre os recursos de transformação, manipulação e transporte disponíveis em chão de fábrica. Desta forma, há um fluxo de materiais que

é integrado por um fluxo de informações de controle para maximizar o desempenho das funções de uma fábrica.

Figura 2.4 | Tecnologia de redes de comunicação industriais



Fonte: adaptada de Filippo Filho (2014, p.140).

Seleção de tecnologias: dimensões

Para orientar o processo de seleção de tecnologias especificamente associadas à fabricação de produtos, há um conjunto de dimensões que deve ser considerado e que envolve (NEUMANN; SCALICE, 2015):

- **Dimensão técnica** – está relacionada ao tipo de operação que deve ser executada.
- **Dimensão econômica** – está relacionada ao investimento para aquisição, custo de manutenção, especialidade da mão de obra para operar e precisão exigida para execução do processo. A partir da análise deste conjunto de parâmetros é que se observará qual a melhor alternativa econômica a ser adotada.
- **Nível de flexibilidade** – está vinculado à capacidade que o sistema apresenta de se adequar a mudanças para fabricação de produtos que sofrem modificações com o tempo, incluindo a capacidade de se adequar a mudanças na demanda de um determinado produto que está sendo fabricado. Observe que a automação pode ser flexível, programável ou fixa, dependendo da necessidade. No caso da automação flexível, os equipamentos são capazes de se reprogramarem para executar diferentes

operações, sem ter que realizar tempos de parada para setup (reconfiguração das máquinas). Por sua vez, automação programável requer estas paradas para setup das máquinas. Entretanto, se a automação for fixa, não haverá flexibilidade disponível para processar alterações no produto ou na demanda.

- **Nível de confiabilidade** – corresponde à capacidade de um recurso manter um determinado comportamento em seu modo de operação que seja capaz de gerar produtos que demonstrem um determinado padrão em suas características. Desta forma, quanto maior for o nível de confiabilidade de um equipamento, maior o índice de disponibilidade para a realização de sua operação, sem necessitar de um grande número de intervenções de manutenção.
- **Nível de estabilidade** – está associado à capacidade que um processo apresenta de fabricar produtos que estão de acordo com as especificações que foram planejadas. Neste contexto, verifica-se um elevado índice de repetibilidade, que é diretamente proporcional à estabilidade de um processo. Portanto, a especificação técnica dos equipamentos é crucial para que realizem a operação conforme especificado e, assim, haja estabilidade neste processo.
- **Dimensão socioambiental** – está associada à obediência aos requisitos de sustentabilidade, que implicam em uso racional da energia necessária para a fabricação dos produtos e uso racional da matéria-prima para reduzir o volume de resíduos.

A partir deste conjunto de dimensões é que você será capaz de orientar a seleção adequada da tecnologia de fabricação que atende às necessidades de projeto da fábrica, com o objetivo de realizar os processos produtivos que sejam capazes de manufaturar os produtos de acordo com as especificações que foram estabelecidas.

Seleção de tecnologias: fazer ou comprar

Para o projeto de uma fábrica é fundamental definir o que deve ser produzido internamente e o que deve ser terceirizado. O primeiro aspecto deve ser a questão de se adotar a indissociabilidade entre custo e qualidade como diretriz para se avaliar se é mais apropriado fabricar ou adquirir partes do produto já prontas. Por sua vez, há mais um aspecto que deve ser considerado: a existência de dois cenários diferentes que precisam ser identificados:

- **Fábricas novas** – neste caso, de acordo com Neumann e Scalice (2015) há cinco aspectos que devem ser analisados:

- i. Identificar a capacidade de processamento que é demandada. Qual a dimensão do arranjo físico necessário para obter a produção esperada?
 - ii. Identificar a qualificação técnica envolvida na fabricação do item ou itens em questão. Será necessário treinar profissionais com determinadas tecnologias?
 - iii. Diagnosticar o padrão de qualidade que deve ser contemplado no processo de fabricação. Será necessário investir em novas tecnologias envolvendo automação?
 - iv. Diagnosticar o comportamento da demanda do item ou itens em questão. O ciclo de vida para a fabricação é curto e exige atualizações frequentes?
 - v. Dimensionar os custos envolvidos. Qual o período estimado para retorno do investimento para fabricação do item ou itens?
- **Fábricas preexistentes** – neste caso, basta considerar a política da empresa para avaliar o impacto que causará na fábrica para que o item ou itens sejam fabricados, se a mão de obra envolvida está preparada para executar os devidos processos de fabricação e quanto o sistema produtivo é flexível para atender à necessidade de mudanças no item que estiver sendo fabricado, ou até mesmo na questão de volume de produção e tecnologia que está sendo empregada.

Há ainda outra questão que deve ser considerada: todo o processo de terceirização implica desenvolvimento de uma operação de logística que garanta o sincronismo adequado entre aquilo que é fabricado internamente e as partes que chegam via terceiros para que os processos de fabricação dos produtos aconteçam com o êxito esperado. Caso contrário, a produtividade da fábrica será comprometida, afetando diretamente a sua competitividade no mercado.



Pesquise mais

É importante que você domine o conceito de terceirização para avaliar como ele pode ser empregado na obtenção de soluções inovadoras, capazes de impactarem diretamente o sucesso de uma organização em termos de qualidade e produtividade. Assista ao vídeo indicado e perceba o potencial que existe nesta parceria.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS CNI. **Entenda a terceirização**: segurança para trabalhadores e empresas. 21 mar. 2017. 1 vídeo (2:40).

Seleção de fornecedores

O projeto de uma fábrica implica no planejamento de como serão adquiridos os recursos necessários para que seus processos produtivos sejam realizados. A aquisição destes recursos envolve todo um processo de implantação destes nos arranjos físicos em que se considera desde os aspectos relacionados à infraestrutura em termos de instalações elétricas, pneumáticas e hidráulicas que suportam estes recursos (considerando também a questão de edificação predial) até os procedimentos que envolvem a certificação da completação mecânica (relacionada ao cumprimento dos requisitos de instalação técnica dos equipamentos) e também aos testes que envolvem a operação até o startup da fábrica.

De acordo com Neumann e Scalice (2015), há uma forma clássica de análise dos fornecedores que envolvem os seguintes aspectos:

- Quanto à procedência – os equipamentos podem ser nacionais ou importados. No caso de se optar por equipamentos importantes, a primeira questão é justificar a não existência de equipamento equivalente nacional, pois existem fatores que complicam a sua aquisição, como demora no processo de transporte, questões alfandegárias, suporte técnico e custo de manutenção. Ainda associada à questão de equipamentos importantes, existe a questão de adequação aos padrões nacionais envolvendo conectores, tensão e frequência de alimentação, entre outras características técnicas. Portanto, a responsabilidade em se adquirir equipamentos importados é grande, pois impacta em colocar em risco a operação em regime da fábrica.
- Quanto à especificidade – equipamentos com grande especificidade em seus requisitos para operação em uma determinada fábrica exigem que sejam planejadas aquisições sob encomenda. Neste caso é necessário planejar com maior antecedência os requisitos técnicos do equipamento por meio da descrição do processo que será executado, e o desenho do projeto mecânico do equipamento, para que seja confeccionado o seu projeto de fabricação. Antes de se escolher esta opção, é fundamental avaliar criteriosamente se não existem no mercado opções de equipamentos usuais que são fabricados em série. A vantagem destes equipamentos é que já dispõem de um padrão de requisitos técnicos para serem especificados, facilitando a especificação do modelo adequado. Além disso, trata-se de equipamentos que já foram amplamente testados e que apresentam maiores índices de confiabilidade, principalmente quando operam em fábricas em que seus processos são críticos e que envolvem risco de grande magnitude.

Portanto, a questão de seleção de fornecedores deve ser tratada de forma meticulosa para que não gere comprometimento futuro no startup de uma fábrica ou na manutenção de sua operação em regime permanente.



Refleta

Uma empresa realiza o projeto de estações de compressão de gás para transporte deste fluido a partir de gasodutos, nos quais ocorre perda de carga a longas distâncias. Devido ao risco de explosão que pode ocorrer nestas estações, está sendo projetado um sistema de inspeção baseado em recursos de realidade aumentada. Para isso, será necessário utilizar óculos apropriados que dispõem deste recurso.

Que tipo de procedimento deve ser aplicado para selecionar os possíveis fornecedores?

Desta forma você foi capacitado a respeito de quais são as principais tecnologias de fabricação, de como é o procedimento para a seleção dessas tecnologias e de como deve ser conduzida a análise para seleção de fornecedores para o projeto de fábricas.

Sem medo de errar

Você desenvolveu suas atividades profissionais com excelência e seu cliente está satisfeito com os resultados obtidos nesta primeira fase de estruturação do projeto que resultou na formação de uma nova cultura sobre metodologia para o projeto de fábricas em sua equipe. Desta forma, esta equipe foi capacitada a avaliar um conjunto inicial de recursos adequados para a fabricação de um novo produto, além de desenvolver a competência para modelar o processo, considerando a possibilidade de automação. Agora, seu cliente deseja avançar para resolver outro nível de dificuldades, associado às tecnologias que devem ser utilizadas para implantar a nova fábrica. Neste contexto, uma de suas maiores dificuldades consiste em selecionar as tecnologias que devem ser utilizadas para a produção das lâmpadas LED. Para auxiliar seu cliente, você deve elaborar uma apresentação que o oriente a respeito de como especificar o nível de automação dos recursos envolvidos no processo de fabricação, sobre a necessidade de operadores humanos no processo e sobre como pode ser realizada a movimentação dos produtos fabricados.

A estratégia adotada para responder a estas questões foi escalar você para fazer uma apresentação que contemple a solução destes problemas.

Esboço da apresentação

Já foi definido anteriormente que o processo de fabricação é composto pelas seguintes etapas: (1) Fabricação das placas de circuito impresso (CI); (2) Encaixe de material eletrônico para a fabricação dos circuitos eletrônicos que vão ativar os LEDs; (3) Soldagem dos elementos nas placas; (4) Montagem das lâmpadas de LED; (5) Teste de funcionamento; (6) Embalagem das lâmpadas; (7) Organização nos pallets para transporte; (8) Armazenamento dos pallets.

A questão de uso da automação está diretamente relacionada à aplicação das dimensões para a seleção das tecnologias. Em especial, refere-se à questão de flexibilidade, confiabilidade e estabilidade. Dependendo da variabilidade dos processos existentes será adotado o nível de flexibilidade necessário que impactará o tipo de automação adequada, ou seja, fixa, programável ou flexível. Como se trata da fabricação de lâmpadas com grandes volumes de produção e que pode ser fabricada em lotes, a flexibilidade pode ser limitada à automação programável, em que mudanças de lote podem implicar no setup das máquinas.

Neste contexto, utilizando-se recursos de automação o resultado será:

- Elevados índices de repetibilidade, o que estabiliza o processo.
- Com a estabilização do processo será possível manter índices de confiabilidade.

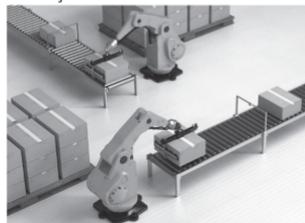
Analisando cada etapa do processo, configura-se a seguinte proposta de automação:

- 1) Etapas (1), (2) e (3) de fabricação e montagem e soldagem das placas de circuito impresso – para garantir repetibilidade e confiabilidade deve ser executada utilizando robôs para montagem das placas e soldagem. A montagem dos componentes pode ser manual, com profissionais capacitados. O impacto do investimento desta tecnologia deve ser avaliado e caso o cliente não tenha interesse, estas placas de circuito impresso podem ser compradas prontas.
- 2) Etapa de montagem (4) – deve ser realizada por operadores humanos capacitados.
- 3) Teste de funcionamento (5) – um teste inicial é feito manualmente para verificar se a lâmpada está acendendo normalmente. Há também o teste por amostragem de longa duração para verificar se o produto atende aos índices de confiabilidade.
- 4) Embalagem (6) – deve ser realizada manualmente.

- 5) Organização nos pallets para transporte (7) – as lâmpadas embaladas podem ser agrupadas em caixas e estas caixas podem ser colocadas em esteiras para transporte até o ponto de paletização. Para empilhar os pallets podem ser utilizados robôs apropriados.

Portanto, analisando passo a passo cada etapa do processo, é possível definir os pontos que podem ser automatizados e os que devem ser realizados manualmente por operadores humanos, e também definir como a movimentação do produto pode ser realizada por meio de esteiras transportadoras até a etapa final de organização das caixas em pallets, que podem envolver robôs específicos para este fim. A Figura 2.5 mostra um exemplo de paletização por meio de robôs.

Figura 2.5 | Robô executando paletização



Fonte: Santos (2014, p.16).

Avançando na prática

Seleção de tecnologias para revisão dos processos de fabricação

Descrição da situação-problema

Você foi contratado por um empresário que é fabricante de caminhões e que está com dificuldades quanto à durabilidade das caixas de câmbio de seus veículos. Uma vez que estas caixas são fundamentais para converter o torque do motor em força motriz que resulta na movimentação de seus veículos, a fábrica entende que deve modernizar o seu processo de fabricação e já está avaliando o impacto que será causado no preço final de seus veículos, uma vez que esta peça é crítica para manter a confiabilidade de seus caminhões.

Que aspectos esta empresa deveria considerar para avaliar uma solução que resulte na melhoria da qualidade sem colocar em risco a competitividade?

Faça um relatório técnico para orientar este empresário.

Resolução da situação-problema

A diretriz máxima que deve ser aplicada é a indissociabilidade entre custo e qualidade.

Como não se trata de uma empresa nova, deve-se tomar cuidado em seguir a estratégia da empresa. No caso, a preocupação está em manter a qualidade do produto. Portanto, devem ser avaliados dois aspectos básicos:

- A necessidade de uso de novas tecnologias e o tempo de retorno deste investimento – é fundamental refletir a respeito do uso de novas tecnologias que garantam um determinado padrão de qualidade e, simultaneamente, agreguem a flexibilidade exigida para a fábrica. Além disso, deve-se simular quanto vai custar a implantação destes recursos, para que se possa investigar a sua viabilidade.
- A preparação da equipe técnica responsável pela fabricação das caixas de câmbio – caso seja necessário investir em programas de treinamento que sejam intensos, deve-se considerar o impacto deste período no mercado.

A partir da análise dos recursos humanos e tecnológicos disponíveis será possível decidir sobre adequação em se fabricar ou se terceirizar as caixas de câmbio.

Faça valer a pena

1. Uma das dimensões envolvidas na seleção de tecnologias para a fabricação está associada à flexibilidade. Baseado neste contexto, preencha as lacunas do texto a seguir:

Está vinculada à capacidade que o sistema dispõe de se adequar à _____ para fabricação de produtos que sofrem _____ com o tempo, incluindo a capacidade de se adequar a mudanças na _____ de um determinado produto que está sendo fabricado.

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente de acordo com a ordem em que aparecem no texto.

- a) características; modificações; demanda.
- b) mudanças; desgaste; demanda.
- c) mudanças; modificações; demanda.
- d) mudanças; modificações; geometria.
- e) características; modificações; geometria.

2. Para se decidir se é melhor fazer ou comprar as partes que são utilizadas para a fabricação de um produto, no caso de fábricas novas você afirmaria que:

- I. É necessário identificar a capacidade de processamento que é demandada.
- II. Diagnosticar o padrão de qualidade que deve ser contemplado no processo de fabricação.
- III. Como é uma fábrica nova dispensa o dimensionamento de custos.

Atribuindo Verdadeiro ou Falso a cada afirmação, de acordo com a ordem em que aparecem no texto, assinale a alternativa correta.

- a) V - V - V.
- b) F - V - V.
- c) F - F - V.
- d) V - V - F.
- e) F - F - F.

3. O projeto de uma fábrica implica no planejamento de como serão selecionados os fornecedores dos recursos necessários para que seus processos produtivos possam ser realizados. A aquisição destes recursos envolve todo um processo de implantação de procedimentos que envolvem os testes que avaliam a operação até o startup da fábrica. Neste contexto, para a seleção de fornecedores você afirmaria que:

- I. O uso de equipamentos importados é sempre justificado, por apresentarem mais qualidade do que os nacionais.
- II. Os equipamentos usuais apresentam uma padronização em seus requisitos técnicos.
- III. No caso de equipamentos que necessitam ser projetados, deve-se considerar a descrição do processo que será executado.

Faça uma avaliação das afirmações e assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmação I é verdadeira.
- b) Somente as afirmações I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmação II é verdadeira.
- d) Somente as afirmações II e III são verdadeiras.
- e) Somente a afirmação III é verdadeira.

Análise da necessidade de capacidade instalada

Diálogo aberto

Uma decisão que exige uma análise cuidadosa no projeto de fábrica é a respeito da capacidade instalada. Isto procede pelo fato de a capacidade instalada ser um fator que estabelece um limite de atendimento à demanda de mercado. Por sua vez, a demanda pode sofrer variações e isso faz com que a fábrica possa ou não atender a essas mudanças dependendo da forma como foram elaboradas as estratégias de planejamento e controle de capacidade.

Seu cliente ficou satisfeito com os resultados obtidos a respeito da seleção de tecnologias que devem ser utilizadas para implantar a nova fábrica, envolvendo inclusive a questão de automação dos recursos a serem utilizados. Dessa forma, definiram-se as tecnologias adequadas para o projeto da fábrica e o novo desafio refere-se a como se deve proceder para estimar a capacidade desse sistema produtivo. Seu cliente solicita os seguintes esclarecimentos:

- Quais seriam os parâmetros básicos que deveria considerar para que adotasse um método para este dimensionamento?
- Como seria esse método em termos de análise quantitativa da capacidade da nova fábrica?

Seu cliente deseja que você faça um relatório com uma simulação para possíveis situações em que a fábrica possa operar em turnos.

Nesta seção você verá inicialmente o conceito de capacidade instalada associado ao projeto de uma fábrica e a diferença entre os significados de volume de produção e capacidade de produção. Depois você verá como lidar com a questão de realização do planejamento e controle da capacidade e o conceito de nível ótimo de capacidade. Por fim, você verá como dimensionar as principais medidas de capacidade.

Dessa forma você estará capacitado a analisar a capacidade instalada de uma fábrica.

Um excelente trabalho!

Não pode faltar

Definição de capacidade instalada para o projeto de fábrica

Para o projeto de uma fábrica sabe-se que um dos fatores cruciais é observar a demanda que precisa ser suprida. Dependendo da demanda

que precisa ser atendida será definida a capacidade produtiva de uma fábrica que impactará o dimensionamento das instalações que deverão ser edificadas e os recursos tecnológicos necessários (ANTAR, 2014).

Entretanto, uma das grandes confusões que podem ser cometidas é entender que capacidade produtiva é o mesmo que volume de produção. Antes de prosseguirmos, é interessante esclarecer a diferença entre esses dois conceitos:

- **Volume de produção:** corresponde àquilo que é realmente produzido durante a operação de uma fábrica por um determinado período de tempo.
- **Capacidade de produção:** está associada ao máximo que se é capaz de produzir em uma fábrica em um determinado período de tempo.

De acordo com Slack *et al.* (2018), ao ser elaborado um plano de capacidade, haverá uma série de impactos importantes que serão provocados:

- **Custo** - dependendo do equilíbrio entre capacidade e demanda haverá um resultado positivo ou negativo com relação aos custos unitários do produto ou serviços prestados. Por exemplo: se a capacidade for maior do que a demanda poderá gerar custos elevados para o produto ou serviço ofertados.
- **Receita** - outro aspecto importante é que se a demanda for inferior ou igual à capacidade nenhuma receita será perdida, uma vez que toda a demanda será atendida.
- **Qualidade** - quando existir um nível muito grande de flutuação na demanda, poderá haver problemas na manutenção de um certo padrão de qualidade. A justificativa está associada ao fato de que poderia ser necessário, para atender a um pico de demanda, utilizar profissionais recém-contratados que não sejam capazes de manter o mesmo padrão de execução dos processos de fabricação ou prestação de serviços, por falta de treinamento adequado.
- **Confiabilidade** - estará sendo colocada em risco à medida que os níveis de demanda se aproximarem do nível de capacidade máxima. Caso isso aconteça, não haverá possibilidade de absorver situações que provoquem atrasos no processo de fabricação ou prestação de serviços.

- **Flexibilidade** - será inversamente proporcional ao equilíbrio entre demanda e capacidade, ou seja, quanto maior o equilíbrio, menor a flexibilidade de atender a flutuações de mercado.

Portanto, uma vez definida a capacidade produtiva que se deseja obter de uma fábrica é importante saber que mudanças podem implicar alteração dos recursos que foram alocados e também pode impactar nas edificações que foram construídas, ou seja, podem gerar como consequência elevados investimentos para que mudanças sejam efetuadas.

Capacidade: planejamento e controle

Para Neumann e Scalice (2015), o planejamento e controle da capacidade produtiva de uma fábrica passam por três etapas fundamentais:

1. **Análise da demanda** – o primeiro passo corresponde ao estudo do comportamento da demanda para que seja possível identificar possíveis variações. Uma vez identificado este tipo de comportamento, faz-se necessário avaliar a capacidade produtiva para se concluir a respeito de sua adequação em comportar o tipo de variação de demanda existente.
2. **Varição de demanda** – o segundo passo aborda a questão de estabelecer as estratégias para se tratar a variação da demanda.
3. **Eficácia da demanda** – o terceiro passo está associado à definição de qual estratégia é mais adequada conforme muda a situação presente a cada instante.

Por exemplo, o foco para a análise da demanda deve estar no futuro, projetando-se quanto deve ser o volume de produção e quando deverá haver disponibilidade da capacidade que foi projetada. Por sua vez, à medida que se verifica o comportamento do mercado é possível identificar ciclos de demanda que descrevem tanto o seu tempo de duração quanto a amplitude a ele associada.

Neste contexto, o Planejamento e Controle da Capacidade (PCC) implica determinar um procedimento de atuação por meio de decisões que devem ser tomadas para que seja possível reagir em tempo hábil mediante a ocorrência de variações na demanda que foram previstas. Entretanto, o PCC depende do horizonte de tempo que estiver sendo contemplado, podendo envolver três contextos: PCC de longo, médio e curto prazo. A Figura 2.6 ilustra estes cenários. Para cada contexto há um conjunto de requisitos específico que deve ser contemplado.



Assimile

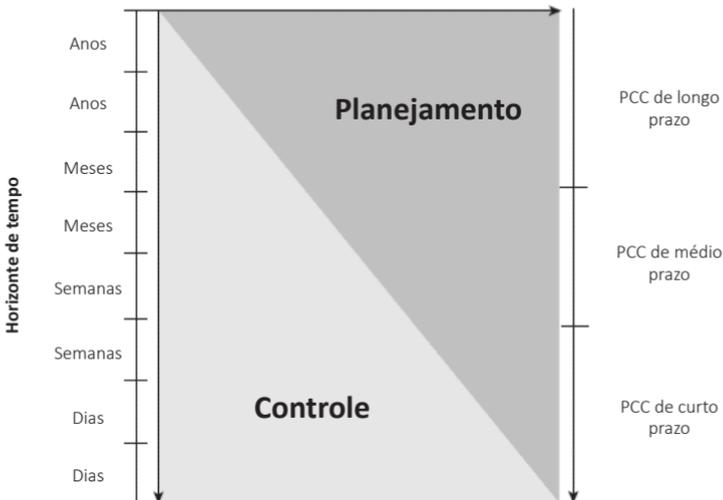
PCC de longo, médio e curto prazo

O PCC de longo prazo envolve o planejamento do uso de recursos que serão necessários para que a produtividade planejada para fábrica seja cumprida prevendo um horizonte de três a cinco anos. Trata-se de um cenário em que as decisões precisam ser aprovadas pela equipe de gestão capaz de aprovar investimentos que podem envolver grandes importâncias e que exigem um tempo de retorno de investimento que não permitirá novas mudanças em curto espaço de tempo.

No caso do PCC de médio prazo, o horizonte de tempo envolve de seis a 18 meses e está relacionado a procedimentos que consideram atualização de recursos, por exemplo, ou então reciclagem ou substituição de recursos humanos.

Por sua vez, no PCC de curto prazo o período de tempo não excede um mês e está relacionado a procedimentos para checar possíveis variações na produção, para que o planejado esteja de acordo com o executado. Neste cenário estão previstas ações que podem estar associadas à definição de rotas alternativas de produção, ou então a utilização de recursos humanos em períodos que envolvem a aplicação de horas extras.

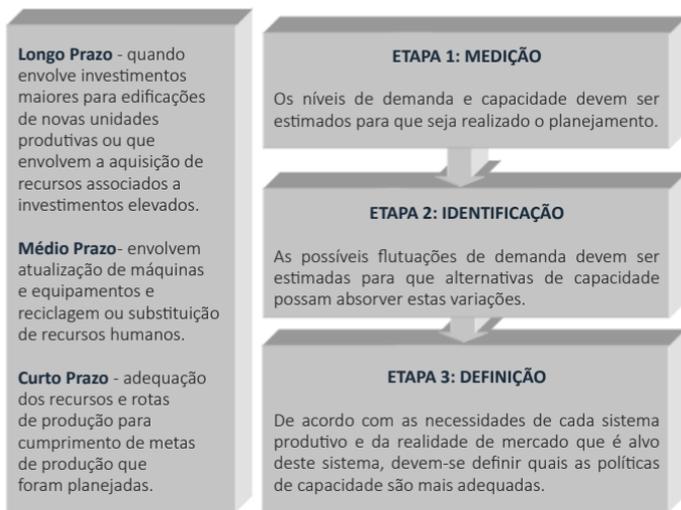
Figura 2.6 | Contextos de realização do Planejamento e Controle da Capacidade



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 12).

Em termos práticos, de acordo com Neumann e Scalice (2015) podemos sistematizar o planejamento e controle de capacidade em três etapas: (1) Medição; (2) Identificação e; (3) Definição. A Figura 2.7 apresenta como esta sistemática pode ser aplicada e o significado de cada etapa.

Figura 2.7 | Sistemática para o Planejamento e Controle de Capacidade



Fonte: elaborada pelo autor.

Os níveis de demanda e capacidade devem ser medidos cuidadosamente para que o planejamento possa ter êxito. A partir daí deve-se analisar como seria possível reagir diante de uma flutuação de demanda para adequar a capacidade. Por fim, diante da realidade em que estiver inserida a fábrica, escolhe-se qual a melhor solução estratégica. Como o planejamento envolve um horizonte de tempo, dependendo da natureza das metas que forem planejadas, associa-se o período de tempo adequado para sua execução, ou seja, se é de longo, médio ou curto prazo.



Refleta

A definição de um determinado nível de capacidade de uma fábrica causará um impacto em uma série de fatores como custo, receita, confiabilidade, e qualidade do produto.

Portanto, definir a capacidade de uma fábrica é um fator crítico.

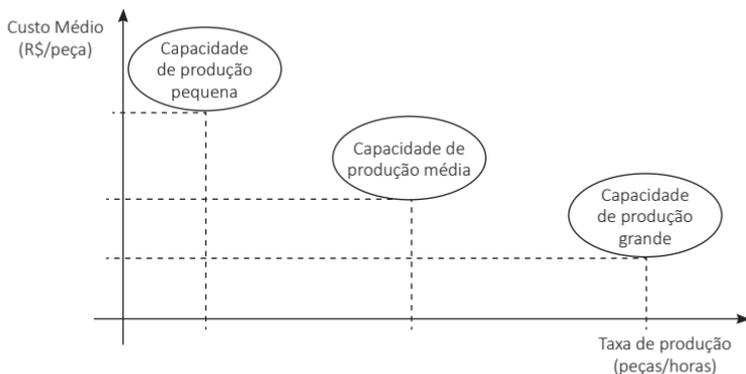
Como você poderia estabelecer uma forma para que a definição da capacidade de uma fábrica possa ser definida de tal maneira que se ajuste a possíveis flutuações do mercado?

Nível ótimo de capacidade

É preciso compreender que o nível de capacidade instalada estabelece um limite de produção que uma fábrica é capaz de atender. De acordo com Neumann e Scalice (2015), a busca para uma solução consiste em propor

alternativas que sejam capazes de flexibilizar o sistema produtivo. Uma possível abordagem é considerar os custos envolvidos com a fabricação de um produto. Cada produto apresenta um custo fixo (que não depende da quantidade que for produzida) e um custo variável (diretamente relacionado à quantidade produzida). A somatória consiste no custo total que pode ser dividido pela quantidade produzida em um determinado horizonte de tempo, resultando em um valor médio de custo total que depende da quantidade produzida, conforme mostrado na Figura 2.8.

Figura 2.8 | Níveis de capacidade de produção



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 12).

O grande desafio passa a ser projetar soluções que sejam capazes de flexibilizar a capacidade de uma fábrica para que possa atender a flutuações na demanda e identificar o nível de operação ótimo. Além de projetar incrementos na capacidade é necessário identificar quando os incrementos devem ser realizados. Existem três estratégias básicas: antecipar a capacidade para atender a demanda, manter a capacidade acompanhando a demanda ou lidar com o ajuste de estoques. Normalmente, no início do ciclo de vida de um produto adota-se a estratégia antecipativa. Assim que o ciclo do produto avança, a demanda pode sofrer variações mais intensas e o melhor é buscar ajustar por meio de estoques. Por fim, quando o produto atinge a maturidade em seu ciclo de vida, o fator que impera é custo médio minimizado, que implica em utilizar níveis mais elevados de capacidade. Desta forma procura-se ajustar dinamicamente os níveis ótimos de operação da fábrica de acordo com o ciclo de vida de seus produtos.

Cálculo da capacidade: medidas

A tarefa associada à determinação da capacidade produtiva de uma fábrica é complexa porque envolve uma série de fatores difíceis de serem quantificados. Veja alguns exemplos:

- Quantificar o estado de desgaste de um equipamento.
- Predefinir o *mix* de produtos que será fabricado a cada instante em chão de fábrica.
- Quantificar a capacidade de física do operador humano em cada dia de trabalho.

Entretanto, é necessário dimensionar de alguma forma qual será a quantidade de matéria-prima e demais elementos que devem ser providenciados para suprir a indústria durante a fabricação de seus produtos. Associado a isso deve ser dimensionada a mão de obra a ser contratada, quais os equipamentos, maquinários e ferramentas que precisam ser disponibilizados.

Baseado neste contexto, em Slack *et al.* (2018) são propostas as seguintes medidas de capacidade:

- **Capacidade de Projeto (CP)**

É conhecida também como capacidade projetada. Para este dimensionamento, o sistema é considerado ideal, ou seja, nenhuma perda é considerada e também não devem ser consideradas questões associadas ao fluxo de materiais na fábrica.

- **Capacidade Efetiva (CE)**

Neste caso consideram-se as interrupções necessárias para a manutenção que sejam programadas regularmente, a que chamaremos de P_e . Neste contexto, temos: $CE = CP - P_e$

- **Produção Real (PR)**

Neste caso você deve considerar as perdas que não foram programadas e pode levar em conta questões associadas ao fluxo de materiais na fábrica, que chamaremos de P_{eFlu} . Portanto, a expressão será: $PR = CE - P_{eFlu}$

- **Utilização (U)**

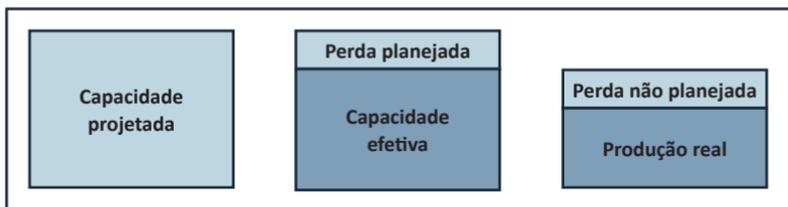
Obtém-se a partir do cálculo da divisão entre a Produção Real (PR) e a Capacidade Projetada (CP): $U = \frac{PR}{CP}$

- **Eficiência (E)**

Obtém-se a partir do cálculo da divisão entre a Produção Real (PR) e a Capacidade Efetiva (CE): $E = \frac{PR}{CE}$

A Figura 2.9 ilustra a relação entre as principais medidas.

Figura 2.9 | Capacidade projetada, capacidade efetiva e produção real



Fonte: Slack *et al.* (2018, p. 400).



Exemplificando

Uma fábrica de autopeças opera durante três turnos diários de 8 horas. Durante os finais de semana não há produção, ou seja, 2 dias de folga semanalmente. Para que seja realizada manutenção, existe uma programação de parada durante 4 horas por semana. Para o fluxo de materiais são utilizados 20 minutos por turno diariamente. Se for realizada uma análise da capacidade desta fábrica, veremos que sua eficiência pode ser dimensionada da seguinte forma:

$$U = \frac{PR}{CE} = \frac{CE - PeFlu}{CE} = \frac{CE}{CE} - \frac{PeFlu}{CE} = 1 - \frac{20 + 20 + 20}{60} \cdot 5 = 1 - \frac{5}{(3 \cdot 8 \cdot 5) - (4)}$$

$$U = 0,957$$

Observe que para o cálculo de $PeFlu$ foram considerados os 3 turnos de 20 min para contabilizar o fluxo de materiais que, por sua vez, foi contabilizado para 5 dias para totalizar 1 semana. Para o cálculo de CP considerou-se 3 turnos de 8 horas durante 5 dias correspondentes a 1 semana. Pe contabilizou as 4 horas semanais de manutenção programada. Portanto, a taxa de utilização do sistema U , considerando a produção real em função da capacidade de produção efetiva é de 0,957, ou seja, 95,7%.



Pesquise mais

Existem várias aplicações para o cálculo da capacidade produtiva de uma fábrica. Um exemplo importante é sua aplicação na indústria metalmeccânica. Para mais informações, leia o artigo *Aprenda a calcular a capacidade produtiva de uma indústria metalmeccânica*.

A VOZ DA INDÚSTRIA. **Aprenda a calcular a capacidade produtiva de uma indústria metalmeccânica**. 15 ago. 2017.

Nesta seção você viu como deve proceder para calcular a capacidade produtiva de uma fábrica a fim de planejar adequadamente o atendimento a uma determinada demanda de um mercado consumidor que é o alvo de uma fábrica que estiver sendo projetada.

Sem medo de errar

Seu cliente ficou satisfeito com os resultados obtidos a respeito da seleção de tecnologias que devem ser utilizadas para edificação da nova fábrica. Para isso foram definidas as tecnologias adequadas para o projeto da fábrica, incluindo propostas de automação. O novo desafio refere-se a como se deve proceder para estimar a capacidade deste sistema produtivo. Seu cliente solicita esclarecimentos sobre quais seriam os parâmetros básicos que ele deveria considerar para que adotasse um método para este dimensionamento, e como seria este método em termos de análise quantitativa da capacidade da nova fábrica.

Você deve elaborar um relatório com uma simulação para possíveis situações em que a fábrica opere em turnos.

Esboço do relatório

Considerando que se trata da edificação de um novo sistema produtivo, o planejamento é de longo prazo. Para estimar a capacidade da fábrica de lâmpadas dicroicas LED de 5W, é importante recordar o fato de que se trata de um item a ser fabricado em grande quantidade para baratear os custos.

Hipóteses assumidas para operação do sistema produtivo:

- Produção em larga escala envolvendo três turnos para produção durante 24 horas por dia, sete dias por semana.
- Desta forma, o objetivo é minimizar perdas não planejadas ao máximo. Para esta estimativa não serão computadas perdas desta natureza.
- O processo de fabricação definido na seção anterior envolve sete etapas com operadores humanos treinados nos postos de teste de funcionamento e de montagem, sendo os demais postos automatizados.
- Para a manutenção programada do sistema está previsto, por hipótese, um total de sete horas a cada dez dias de operação do sistema.

Para a medição da capacidade podem ser utilizadas as seguintes medições:

- Capacidade Projetada (CP) – capaz de indicar o limite de produção ideal do sistema produtivo.
- Capacidade Efetiva (CE) – considera que o sistema estará desativado durante um certo período para manutenção.
- Produção Real (PR) – considera que podem existir paradas não programadas.
- Utilização (U) – mede quanto a operação do sistema está próxima do comportamento ideal.
- Eficiência (E) – mede quanto a operação do sistema está próxima do seu comportamento.

Calculando-se estes índices obtêm-se os seguintes dados:

- $CP = 10 \cdot 24 = 240$ corresponde ao número de horas de operação em dez dias.
- $CE = CP - Pe = 240 - 7 = 233$
- $PR = CE - PeFlu = 233 - 0 = 233$
- $U = \frac{PR}{CP} = \frac{233}{240} = 0,97$
- $E = \frac{PR}{CE} = \frac{233}{233} = 1$

A partir dos resultados obtidos, observa-se que a manutenção programada permite a utilização de até 97% da capacidade ideal projetada.

Por sua vez, a eficiência foi de 100% porque não foram estimadas as perdas não programadas.

Se for considerada uma perda de 30 minutos com fluxo de itens por turno de 24 horas, então teremos:

- $PR = CE - PeFlu = 233 - \frac{30 \cdot 10}{60} = 228$
- $U = \frac{PR}{CP} = \frac{228}{240} = 0,95$
- $E = \frac{PR}{CE} = \frac{228}{233} = 0,98$

Para este novo cenário observa-se que as perdas não programadas limitaram ao índice de utilização a 95%, e a eficiência caiu para 98%.

Portanto, quanto maior as perdas não programadas, mais afetada será a eficiência do sistema produtivo.

Avançando na prática

Fabricação de componentes eletrônicos para indústria eletrônica

Descrição da situação-problema

Um grupo de empresários deseja implantar uma nova empresa voltada para a fabricação de componentes eletrônicos. A motivação veio do fato de a capacidade de fornecimento destes componentes ter se tornado insuficiente para atender à demanda. Segundo a pesquisa de mercado que realizaram, esta situação deve perdurar durante os próximos quatro anos.

Baseado nisso, o planejamento destes empresários é definir de forma sistemática a capacidade de uma nova fábrica a ser implantada em 18 meses. Para isso eles precisam do auxílio de um gestor capaz de orientar sobre a viabilidade deste projeto.

Você foi escalado para assessorar estes empresários. Como analisar as restrições e a viabilidade deste projeto?

Resolução da situação-problema

O ponto crítico para a viabilidade deste projeto está em estabelecer uma sistemática para o Planejamento e Controle de Capacidade da nova fábrica.

Com a pesquisa de mercado que foi realizada devem ter sido levantadas estimativas sobre os níveis de demanda e capacidade, cumprindo-se a primeira etapa.

Também foi avaliado que durante os próximos quatro anos esta demanda não deve sofrer grandes flutuações e a previsão é manter-se em alta, cumprindo-se a segunda etapa.

O ponto frágil deste planejamento é o prazo. Como se trata de um investimento maior para edificação de uma nova fábrica, caracteriza-se como um Planejamento e Controle da Capacidade (PCC) de longo prazo que, para ser

viável, implica em um horizonte de tempo entre três e cinco anos. Corre-se o risco de se fazer a implantação e startup da nova unidade produtiva quase no final do período de demanda elevada, que poderá provocar fortes flutuações de demanda o que, por sua vez, poderá prejudicar o êxito da nova fábrica.

Portanto, o planejamento de capacidade indica que este projeto é inviável para ser realizado em 18 meses.

Faça valer a pena

1. Ao ser elaborado um plano de capacidade, uma série de impactos importantes poderão ocorrer. Neste contexto, preencha as lacunas a seguir:

Por exemplo, se a _____ for maior do que a _____, poderá gerar custos elevados para o produto ou serviço ofertados. Por sua vez, se a demanda for inferior ou igual à capacidade, então nenhuma _____ será perdida.

Assinale a alternativa correta que preenche as lacunas de acordo com a ordem em que aparecem no texto.

- a) capacidade; demanda; receita.
- b) demanda; capacidade; receita.
- c) capacidade; demanda; despesa.
- d) demanda; capacidade; despesa.
- e) capacidade; receita; despesa.

2. A busca de aprimoramento contínuo dos processos de uma fábrica é fundamental para manter sua competitividade. Considere o caso de uma unidade produtiva que opera em turno de 24 horas por dia, durante os sete dias da semana, e que só realiza paradas programadas de manutenção, que totaliza dez horas semanais.

Qual a máxima eficiência esperada para esta fábrica? Assinale a alternativa correta:

- a) 0,98.
- b) 0,89.
- c) 0,95.
- d) 0,94.
- e) 1,00.

3. A tarefa associada à determinação da capacidade produtiva de uma fábrica é algo complexo, porque envolve uma série de fatores difíceis de serem quantificados. Neste contexto, faça uma análise das afirmações a seguir:

- I. O cálculo da capacidade projetada deve sempre levar em conta as manutenções programadas.

- II. A eficiência é medida diretamente a partir da produção real do sistema, sem envolver a capacidade efetiva.
- III. A utilização é medida considerando-se a produção real e a capacidade projetada.

Atribuindo Verdadeiro ou Falso a cada afirmação de acordo com a ordem em que aparecem no texto, assinale a alternativa correta.

- a) V - V - V.
- b) F - V - F.
- c) F - F - V.
- d) F - V - V.
- e) F - F - F.

Decisão de localização da unidade produtiva

Diálogo aberto

A realidade econômica em que estamos situados é de economia globalizada, e para uma unidade produtiva ser competitiva precisa estar aderente ao conceito de globalização. Desta forma, definir o local em que se deve instalar uma fábrica é uma decisão estratégica que está relacionada com o resultado do estudo detalhado da sua capacidade produtiva.

Os resultados que você alcançou com a seleção de tecnologias para implantar a nova fábrica, envolvendo a questão de automação dos recursos e o relatório que orientou o uso de uma sistemática para a definição da capacidade produtiva motivaram seu cliente de forma positiva e foram excelentes. Por este motivo, ele está participando ativamente desta fase do projeto e já aprovou o estudo que foi feito a respeito de possibilidades de uso de tecnologia e automação e como pode ser estimada a capacidade produtiva da nova fábrica. Entretanto, outro dilema que o preocupa é a respeito do local em que a fábrica deve ser instalada. Há uma limitação associada com o fato de seu cliente não ter em mãos um meio de atribuir custos a cada localidade. Ele tem quatro locais possíveis e não sabe como selecionar. Ele precisa que você elabore um relatório técnico para encaminhar uma solução para os seguintes questionamentos:

- Como pode estabelecer um critério para a escolha?
- É melhor aplicar um critério qualitativo?
- É melhor aplicar um critério quantitativo?

Você precisará fazer este relatório esclarecendo estes aspectos e um método para a solução do problema em questão.

Nesta seção você verá inicialmente quais os aspectos que são considerados para definir a localização de uma unidade produtiva. Na sequência será discutida a questão de que uma fábrica deve estar inserida em uma rede onde existem fornecedores e consumidores. Por fim, você verá aspectos relacionados à sustentabilidade que influenciam a definição da localidade de uma unidade produtiva e exemplos de técnicas que podem ser aplicadas para definir qual a melhor localidade.

Assim você será capacitado a conhecer, compreender e saber aplicar os fundamentos de projeto de fábrica.

Bom trabalho!

Localização da Unidade Produtiva

Existem aspectos que são fundamentais para que a decisão sobre a localização de uma nova fábrica seja acertada. Basta considerar que a edificação das instalações necessárias para a construção desta fábrica envolverá investimentos que exigem um longo prazo de retorno financeiro e que nem sempre ocorre em tempo hábil.

Em Martins e Laugeni (2015) destaca-se que uma das maiores ênfases para se decidir a respeito da localidade de uma fábrica refere-se à concessão de incentivos fiscais em vigor em uma determinada região. Haverá uma forte influência da demanda associada ao produto que será fabricado e como a capacidade produtiva foi analisada para que o comportamento evolutivo desta demanda possa ser acompanhado pela capacidade da unidade produtiva.

De acordo com Neumann e Scalice (2015), para se determinar a posição de uma nova fábrica deve-se definir a posição geográfica:

- Com relação aos recursos.
- Com relação às operações de distribuição e demais operações com as quais interage.
- Com relação aos clientes.

Desta forma, o que está sendo considerado é a localização dentro do contexto de capacidade produtiva da nova fábrica. Para a tomada de decisão a respeito da localidade de uma nova fábrica, é necessário que um conjunto de fatores seja considerado. De acordo com Neumann e Scalice (2015) estes fatores podem ser organizados em duas categorias fundamentais: fatores qualitativos e fatores quantitativos.



Assimile

Fatores para decisão sobre a localidade de uma fábrica

De uma maneira geral, os fatores podem ser classificados da seguinte forma:

- Fatores qualitativos – constituem fatores de origem subjetiva como, por exemplo, clima favorável, acessibilidade a serviços de saúde, infraestrutura geral, acessibilidade ao sistema de transporte, entre outros.
- Fatores quantitativos – correspondem aos fatores objetivos, ou seja, que podem ser medidos em termos de valor ou inten-

cidade em cada momento. Geralmente envolve a descrição de custos presentes no sistema produtivo envolvendo, água, energia elétrica, impostos, entre outros.

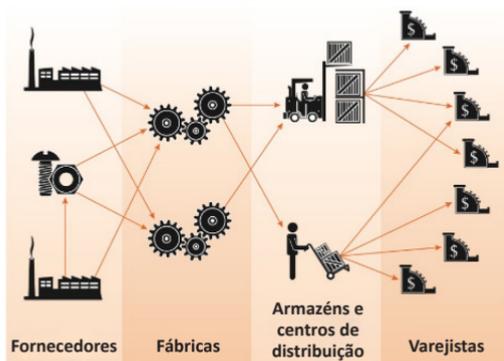
Rede de fornecedores

Para que uma fábrica possa realizar seus processos há uma necessidade de que esteja inserida em uma rede onde existem fornecedores de um lado e consumidores de outro.

Para que o planejamento de capacidade produtiva seja cumprido, é necessário que a localização permita uma integração entre fornecedores e consumidores e que seja possível disponibilizar os produtos de acordo com a demanda, respeitando os requisitos de tempo que são impostos pela dinâmica do mercado consumidor.

De acordo com Martins e Laugeni (2015), esta rede de relações entre as partes fornecedor e consumidor pode ser considerada em sua totalidade ou considerando apenas fornecedores e clientes que estejam em contato direto com o processo (Figura 2.10).

Figura 2.10 | Interação de uma fábrica com o meio externo



Fonte: Martins e Laugeni (2015, p. 189).

Entretanto, quando o alvo for a questão da localização de uma fábrica é necessário considerar a rede em sua totalidade. Aplicando-se esta abordagem observa-se que:

- Fica mais evidente como a fábrica deve atuar para que seja competitiva – não basta atender a determinadas questões que são imediatas e perder o foco da rede como um todo. O resultado é que o sistema produtivo começa a se tornar ineficaz. Isto significa que uma fábrica pode seguir dois caminhos:
 - Considerar a rede como sendo formada por elos de clientes intermediários até chegar ao cliente final, delegando a estes clientes intermediários a tarefa de informar à rede as necessidades desses clientes finais.

- Cuidar da questão de como as necessidades dos clientes finais fluem por meio da rede, sendo responsável por interpretar estas necessidades, sem delegar aos outros.
- Permite que seja verificada quais são as partes mais importantes da rede que garantem a integração com o consumidor final – desta forma será percebido que não há homogeneidade em termos de nível de contribuição das partes da rede, isto é, cada parte apresenta um nível de contribuição diferente. Segundo Neumann e Scalice (2015), este contexto gera um arcabouço para a tomada de decisão a respeito de:
 - Qual parte da rede deve ser reservada para realização da operação produtiva, ou seja, seria o caso de envolver determinado fornecedor ou cliente?
 - Qual a localidade em que esta operação deveria acontecer?
 - Qual a capacidade produtiva que deve estar associada?
- Permite que a visão da empresa não seja imediatista – a visão passa a ser de longo prazo, associando-se o desafio de especificar a capacidade que deve ser atribuída a cada par fornecedor/consumidor presente na rede.

Localização e sustentabilidade

Dos aspectos fundamentais que são considerados no momento em que se planeja a localização de uma nova fábrica destaca-se a questão de preservação do meio ambiente.

Nesse sentido, as principais metas que se deseja alcançar estão relacionadas com o uso de recursos naturais e a produção de resíduos. Os processos de fabricação devem contemplar procedimentos que minimizem o uso de recursos naturais e a produção de resíduos, bem como a poluição do ar e da água. A norma ISO 14000 regulamentam a prática da sustentabilidade ambiental.

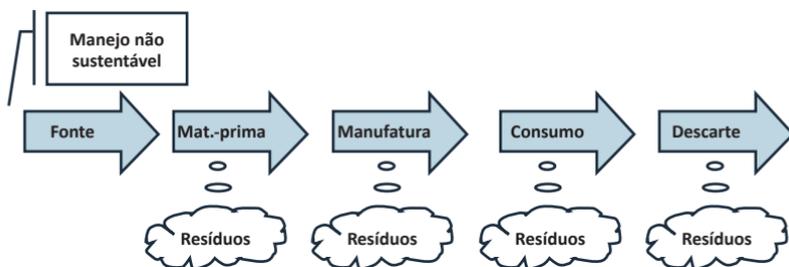
Dependendo de quanto os processos industriais são agressivos ao meio ambiente, mais rigorosa será a fiscalização para evitar danos aos recursos naturais e à qualidade de vida humana.

De acordo com Neumann e Scalice (2015), existem dois aspectos fundamentais que merecem destaque:

- Gestão de resíduos.
- Gestão energética.

Dependendo da área de atuação de uma indústria, ela poderá produzir lixo tóxico que necessite de tratamento específico, uma vez que é extremamente nocivo e coloca em risco a vida de animais e humanos. A Figura 2.11 ilustra um método básico de tratamento de resíduos denominado **modelo linear clássico**, que consiste na contenção e tratamento dos resíduos que são gerados durante o processo de fabricação.

Figura 2.11 | Modelo linear clássico de tratamento de resíduos industriais



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 13).

Por sua vez, é fundamental que uma fábrica pratique procedimentos para o uso racional de energia consumida em seus processos de fabricação. Existem diversos métodos baseados no reaproveitamento de energia para controlar o seu consumo e também existem softwares de controle e monitoramento de máquinas e equipamentos para aperfeiçoar o uso de energia elétrica (BASSEDONE; PILLON, 2017).



Pesquise mais

Um aspecto importante que você deve avaliar é o consumo racional de energia em uma fábrica. Leia mais sobre este assunto em um artigo que retrata a questão de desperdício de energia na indústria.

AMBIENTE ENERGIA. **Indústria é o setor com maior desperdício de energia no Brasil**. 8 jun. 2015.

Identificação da melhor localização: técnicas

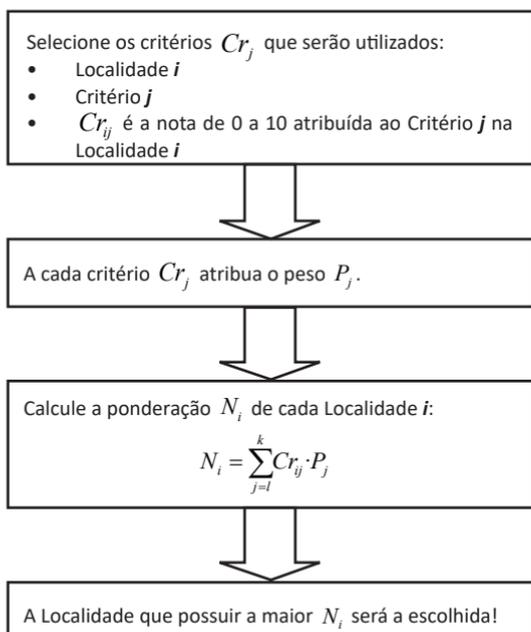
De acordo com Neumann e Scalice (2015) e Martins e Laugeni (2015), existem diversas abordagens que podem ser aplicadas para se resolver o problema de determinar a melhor localização para uma fábrica nova. A análise pode ser qualitativa ou quantitativa, observando-se que, em virtude da complexidade do processo, os melhores resultados são obtidos quando se utiliza um método que combina as duas abordagens.

Neste contexto, Neumann e Scalice (2015) apresentam as seguintes técnicas:

- Método da Ponderação Qualitativa.
- Método do Ponto de Equilíbrio.
- Método do Centro de Gravidade.

O método da Ponderação Qualitativa é ideal quando não existe a possibilidade de atribuir custos a cada localidade de forma específica. É um método muito interessante por ser capaz de ponderar diferentes critérios por meio de pesos e notas que são atribuídos dependendo de cada localidade. Esta abordagem baseia-se no procedimento descrito na Figura 2.12.

Figura 2.12 | Procedimento de cálculo do método de Ponderação Qualitativa



Fonte: elaborada pelo autor.

Exemplificando



Considere o caso de uma empresa que deseja construir uma nova unidade e para isso deseja avaliar os seguintes critérios:

- Custo do m^2 da área de destino.
- Impostos praticados na localidade.

- Logística.
- Suprimentos de materiais.
- Sustentabilidade.

Os pesos atribuídos foram: 8, 7, 10, 9 e 4, respectivamente.

Para o cálculo foram computadas três localidades A, B e C com as seguintes notas em cada um dos critérios:

- Localidade A: 9, 8, 7, 6 e 8, respectivamente.
- Localidade B: 8, 8, 9, 6 e 7, respectivamente.
- Localidade C: 10, 8, 8, 7 e 6, respectivamente.

A Tabela 2.1 apresenta os resultados.

Tabela 2.1 | Solução baseada no método Ponderação Qualitativa

Critério	Peso	Localidade		
		A	B	C
Custo do m^2 da área de destino	8	9	8	10
Impostos praticados na localidade	7	8	8	8
Logística	10	7	9	8
Suprimentos de materiais	9	6	6	7
Sustentabilidade	4	8	7	6
Total		284	292	303

Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, de acordo com a solução descrita na Tabela 2.1, a localidade C é a escolhida.

O método do ponto de equilíbrio baseia-se no cálculo do ponto de equilíbrio PE baseado nos custos fixos e variáveis associados a cada localidade. A localidade escolhida será a que apresentar menor PE. Neste caso, para o cálculo do ponto de equilíbrio procede-se da seguinte maneira:

- Para cada Localidade i lista-se:
 - Custo fixo CF .
 - Custo variável unitário do produto a ser fabricado CV .
 - Calcula-se o ponto de equilíbrio PE pela fórmula: $PE = \frac{CF}{PV - CV}$

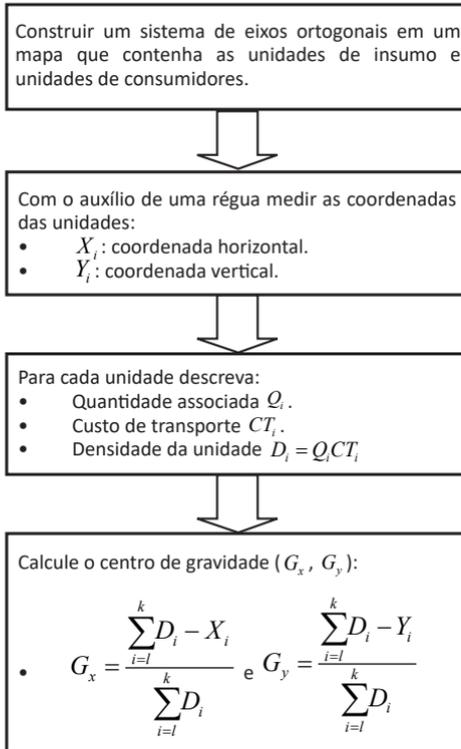
- A Localidade que apresentar o menor *PE* será a escolhida.

Por fim temos o método do centro de gravidade, que deve ser utilizado quando o objetivo é determinar qual a melhor localização da nova fábrica dentro de uma rede de insumos e consumidores que já existe. De acordo com Neumann e Scalice (2015), esta rede pode focar apenas fornecedores ou consumidores, por exemplo.

Este método gera como solução a melhor posição em que deve estar localizada a nova fábrica dentro da rede existente. Esta solução é dada em termos de coordenadas G_x na horizontal e G_y na vertical.

A Figura 2.13 ilustra o procedimento de cálculo.

Figura 2.13 | Método do Centro de Gravidade



Fonte: elaborada pelo autor.



Refleta

Quando um gestor precisa determinar a melhor localização de uma fábrica, mas não dispõe de uma descrição específica da rede de fornecedores de insumos e de locais que representam os pontos do mercado consumidor, como pode fazer esta escolha?

Concluindo: por meio desta seção você foi capacitado a refletir sobre quais fatores influenciam a localização de uma unidade produtiva e como aplicar métodos para definir qual a melhor localização de uma nova fábrica a fim de que a sua capacidade produtiva seja realizada.

Sem medo de errar

Você obteve ótimos resultados com a seleção de tecnologias para implantar a nova fábrica, utilizando recursos de automação e também com a orientação sobre o uso de uma sistemática para a definição da capacidade produtiva esperada.

Seu cliente está com uma nova dificuldade que está relacionada com a definição do local em que a nova unidade produtiva deverá ser instalada. Esta dificuldade está associada ao fato de haver uma limitação causada pelo fato de seu cliente não ter em mãos um meio de atribuir custos a cada localidade candidata para instalação da nova fábrica.

Existem quatro locais possíveis, e ele não sabe como selecionar. Há dúvidas quanto ao critério a ser usado e se deve ser qualitativo ou quantitativo.

Para isto, você precisará fazer um relatório esclarecendo estes aspectos e um método para a solução do problema em questão.

Esboço do relatório

Uma vez que tomar a decisão sobre a localidade de uma nova fábrica é uma tarefa complexa, para se obter melhores resultados devem-se utilizar técnicas que são híbridas.

Vamos utilizar o método de ponderação qualitativa, pois assim é possível selecionar os critérios desejados para a escolha, os pesos e atribuir notas para cada critério. Para a seleção dos critérios é importante realizar reuniões com o cliente para que ele possa estabelecer o que é importante para o seu negócio. Como sugestão utilizaremos os seguintes critérios:

- C_1 – Proximidade dos fornecedores de insumos.

- C_2 – Proximidade dos clientes.
- C_3 – Oferecimento de incentivos fiscais.
- C_4 – Disponibilidade de mão de obra especializada.

Considerando que existem quatro localidades que nomearemos como L_A , L_B , L_C e L_D , é necessário atribuir notas para cada uma delas, de acordo com os critérios. A Tabela 2.2 apresenta uma descrição das notas.

Tabela 2.2 | Notas atribuídas para as localidades candidatas

Critério	L_A	L_B	L_C	L_D
Cr_1	10	8	3	7
Cr_2	7	8	5	8
Cr_3	4	6	9	8
Cr_4	7	5	4	7

Fonte: elaborada pelo autor.

Para cada um dos critérios é necessário atribuir pesos conforme as regras de negócios da empresa. Como sugestão para cada critério C_i , utilizaremos os pesos P_j a seguir:

- $P_1 = 9$; $P_2 = 8$; $P_3 = 7$; $P_4 = 6$

Vamos calcular as ponderações de cada localidade aplicando a fórmula:

$$N_i = \sum_{j=1}^k Cr_{ij} \cdot P_j \text{ obtendo os resultados descritos na Tabela 2.3.}$$

Tabela 2.3 | Ponderações obtidas para as localidades candidatas

Critério	L_A	N_A	L_B	N_B	L_C	N_C	L_D	N_D
Cr_1	10	90	8	72	3	23	7	63
Cr_2	7	56	8	64	5	40	8	64
Cr_3	4	28	6	42	9	63	8	56

Critério	L_A	N_A	L_B	N_B	L_C	N_C	L_D	N_D
Cr_4	7	42	5	30	4	24	7	42
Totais		216		208		150		225

Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, observa-se que a melhor localidade seria a L_D .

Com isso, foi possível, nesta seção, analisar a capacidade instalada e a localização de uma unidade produtiva.

Avançando na prática

Definição de localidade em região mapeada

Descrição da situação-problema

Para instalação de uma nova fábrica foi realizado o planejamento da capacidade produtiva para uma área que apresenta um determinado mapeamento geográfico. O estudo foi realizado de forma detalhada e foram elencados os vários pares fornecedor/consumidor que fazem parte da rede associada à capacidade produtiva planejada. O gestor que assessora o projeto está com um problema para avançar, pois encontra dificuldades para obter os custos totais envolvidos com os diversos pares a fim de poder aplicar o método do ponto de equilíbrio, pois só dispõe das quantidades associadas a cada ponto. Ele apresentou como sugestão utilizar um valor médio padrão de custo disponível na literatura técnica.

O cliente está inseguro e contratou você para responder o seguinte questionamento: não existe uma forma alternativa mais precisa para estimar o local adequado para instalação do sistema produtivo?

Faça um relatório contendo uma nova proposta de encaminhamento da solução do problema.

Resolução da situação-problema

Como não há disponibilidade dos custos, automaticamente deve ser descartado o uso do método ponto de equilíbrio. Como foi realizado o mapeamento geográfico dos postos de fornecedores e consumidores, o método mais prático e direto seria baseado no cálculo do centro de gravidade pelas expressões

$$G_x = \frac{\sum_{i=1}^k D_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^k D_i} \text{ e } G_y = \frac{\sum_{i=1}^k D_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^k D_i} \text{ para cada posto localizado no ponto } (X_i, Y_i)$$

. Uma vez que dispõe da quantidade Q_i associada, basta fazer o levantamento do custo de transporte CT_i e calcular a densidade $D_i = Q_i CT_i$.

Desta forma, é possível realizar as somatórias e obter o ponto (G_x, G_y) .

Faça valer a pena

1. Para que um fábrica possa realizar seus processos, há uma necessidade de que esteja inserida em uma rede onde existam fornecedores de um lado e consumidores de outro. Neste contexto, preencha as lacunas do texto a seguir.

A rede de relações entre as partes fornecedor e consumidor pode ser considerada em sua totalidade ou considerar apenas fornecedores e clientes que estejam em contato direto com o processo. Entretanto, quando o alvo for a questão da localização de uma fábrica, é necessário considerar a rede em sua totalidade. Aplicando-se esta abordagem, observa-se que:

- Fica mais evidente como a fábrica deve atuar para que seja _____.
- Permite que sejam verificadas quais são as partes mais importantes da rede que garantem a _____ com o consumidor final.
- Permite que a visão da empresa não seja _____.

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente de acordo com a ordem em que aparecem no texto.

- a) imediatista; integração; competitiva.
- b) reestruturada; competitiva; antiquada.
- c) integração; competitiva; imediatista.
- d) competitiva; integração; antiquada.
- e) competitiva; integração; imediatista.

2. Dos aspectos fundamentais que são considerados no momento em que se planeja a localização de uma nova fábrica, destaca-se a questão de preservação do meio ambiente. Neste contexto você afirmaria que:

- I. Existem dois aspectos fundamentais que merecem destaque: gestão de resíduos e gestão energética.
- II. Uma das principais metas que se deseja alcançar está relacionada com o uso de recursos naturais.
- III. O modelo linear clássico de tratamento dos resíduos naturais falha por não contemplar resíduos de manufatura.

Atribuindo Verdadeiro ou Falso a cada afirmação, de acordo com a ordem em que aparecem no texto, assinale a alternativa correta.

- a) V - V - V.
- b) F - F - V.
- c) F - V - F.
- d) V - V - F.
- e) F - F - F.

3. Uma empresa é fabricante de módulos de injeção eletrônica para automóveis, sendo seu custo unitário de R\$ 900,00. Há quatro localidades candidatas para a instalação da nova fábrica, com custo fixo CF e custo variável distribuídos da seguinte forma:

Local A - $CF = R\$440.000,00$ e $CV = R\$500,00$

Local B - $CF = R\$400.000,00$ e $CV = R\$520,00$

Local C - $CF = R\$540.000,00$ e $CV = R\$490,00$

Local D - $CF = R\$480.000,00$ e $CV = R\$440,00$

Aplicando-se o método do ponto de equilíbrio, assinale a alternativa correta.

- a) O Local A apresenta o ponto de equilíbrio mais elevado.
- b) O método do ponto de equilíbrio resulta em que o Local B é o mais apropriado.
- c) O método do ponto de equilíbrio resulta em que o Local D é o mais apropriado.
- d) O Local C apresenta ponto de equilíbrio menor do que o Local B.
- e) O Local A apresenta ponto de equilíbrio menor do que o Local B.

Referências

- ANTAR, S. **O alinhamento entre os objetivos estratégicos e a capacidade de produção**. 2014. 101 f. Trabalho de Formatura (Curso de Engenharia de Produção), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- ANTUNES, J. *et al.* **Sistemas de Produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BASSEDONE, L. A. H.; PILLON, M. A. Análise do Consumo de Energia de Migração de Máquinas Virtuais em Nuvem IaaS, **Revista de Sistemas e Computação – RSC**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 353-364, jul./dez. 2017.
- FILIPPO FILHO, G. **Automação de processos e de sistemas**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.
- MARTINS, P. G. e LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.
- NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de Fábrica e Layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- VALENTIM, T. L. S. **Proposta de sistemática para análise e gestão de capacidade de produção em empresas de manufatura considerando aspectos econômicos**. 2017. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

Unidade 3

Projeto de layout

Convite ao estudo

A realidade tecnológica globalizada que vivenciamos evolui continuamente, por isso, exige profissionais de elevada competência para cuidar da gestão de sistemas. Eles devem dominar métodos e técnicas que sejam capazes de sistematizar o projeto de unidades produtivas que são planejadas para tender a uma determinada capacidade produtiva.

Avançaremos mais um passo na metodologia PFL (Projeto de Fábrica e Layout) para estudarmos a fase 3, a fim de possibilitar que você conheça, compreenda e saiba aplicar os fundamentos de projeto de layout. Como resultado, você estará capacitado a desenvolver o projeto de layout de uma unidade produtiva.

Você atuou de uma forma muito positiva no desenvolvimento das fases de estruturação e projeto de fábrica do cliente que pretende fabricar lâmpadas dicroicas de LED de 5 W. Entretanto, em virtude das questões econômicas que vêm atingindo esse mercado, o cliente decidiu aguardar a evolução da situação do país para continuar com o projeto. Diante disso, você foi designado para uma nova frente de trabalho em que um empresário deseja investir na criação de uma central de serviços para oferecer postos de trabalho de teleatendimento. Esse é um mercado promissor em que a central de relacionamento com o cliente tem sido terceirizada, ou seja, existem empresas prestadoras de serviços que atuam especificamente nesse setor.

Para esse projeto, o cliente supõe que trabalhará com diferentes empresas de setores variados, envolvendo lojas de eletrodomésticos, lojas de móveis e lojas de informática. Nesse contexto, ele deseja obter algumas orientações:

- a) Qual arranjo físico poderia ter um melhor resultado em termos de atendimento ao público que demandará esse serviço?
- b) É possível construir algum diagrama capaz de representar a forma como os atendimentos são executados para que se possa analisar o procedimento praticado?
- c) Quanto ao projeto detalhado desse layout, há alguma recomendação específica que restringe a forma como esses postos de trabalho devem ser implementados?

Para a solução desses desafios, na primeira seção você verá os fundamentos a respeito do layout de uma fábrica. Na segunda seção você conhecerá as ferramentas que podem auxiliá-lo no desenvolvimento desses projetos. Por fim, na última seção, você aprenderá como realizar o projeto conceitual e detalhado.

Bons estudos!

Projeto de layout: fundamentos

Diálogo aberto

A influência do layout é muito grande no desempenho de uma organização em virtude de ele definir como será o fluxo de atividades dentro desse arranjo físico. Dependendo da forma como estiver disposto o layout de uma organização, poderá haver fluxos confusos e ineficientes de serviços que afetarão a produtividade e colocarão em risco a própria sobrevivência de uma unidade produtiva.

Você foi envolvido em uma nova frente de trabalho para atender às necessidades de um empresário que deseja investir na criação de uma central de serviços para oferecer postos de trabalho de teleatendimento. O objetivo é que essa empresa atue na área de prestação de serviços de atendimento ao cliente de organizações de setores variados, incluindo lojas de eletrodomésticos, lojas de móveis e lojas de informática.

Nesse contexto, uma vez que o arranjo físico para centrais de atendimento pode influenciar diretamente a qualidade do serviço prestado, é necessário atentar para o fato de que, dependendo do modelo conceitual que estiver direcionando essa organização, serão obtidos resultados diferentes. Por esse motivo, alguns dos grandes questionamentos de seu cliente são:

- O atendimento por produto é o mais adequado?
- Qual arranjo físico é mais conveniente para uma estrutura de central de atendimento de vários produtos?

Dada a sua experiência em projeto de fábrica, seu supervisor solicitou que fizesse uma apresentação para o cliente, esclarecendo as dúvidas apontadas.

Para enfrentar esse desafio, nesta seção você verá o conceito de layout e quais são os critérios que devem ser considerados para o projeto de um layout. Na sequência, você verá quais são as principais características de um layout posicional, por produto, celular e misto. Por fim você aprenderá como proceder para decidir o tipo de layout a ser escolhido, considerando a relação entre volume de produção e variedade.

Com isso espera-se que você seja capaz de reconhecer diferentes soluções de layout que podem ser adotadas para diferentes naturezas de sistemas produtivos, envolvendo tanto a produção de produtos manufaturados quanto a prestação de serviços.

Conceito de layout

O problema de layout ou arranjo físico das organizações começou a ser um tema de interesse para ser estudado quando o homem começou a associar os processos que seriam realizados nesses ambientes com a distribuição eficiente dos elementos envolvidos na realização desses processos.

Quanto mais evoluiu o conhecimento humano, maior foi a preocupação em estudar métodos para organizar o layout em diferentes áreas e, mais uma vez, a mola propulsora que incentivou essa postura foi a busca de organizações eficientes que fossem competitivas. Naturalmente, essa exigência implicava a definição de como o layout poderia otimizar a realização dos processos de um sistema produtivo, seja ele um hospital, uma escola, um sistema bancário, uma indústria de manufatura entre outros exemplos importantes (MARTINS; LAUGENI, 2015).



Assimile

Baseado em Slack *et al.* (2018) o conceito de layout ou arranjo físico está associado à maneira como estão dispostos os recursos que são utilizados para a fabricação dos produtos em uma fábrica. Para isso, consideram-se os processos de fabricação que serão realizados e que provocarão uma interação entre os diversos recursos existentes.

De acordo com Neumann e Scalice (2015), o layout de uma fábrica depende das seguintes variáveis:

- Produto – refere-se às características do produto que é fabricado, como sua natureza (bem ou serviço).
- Processo de fabricação – envolve os detalhes dos processos e também recursos e tecnologia que estão associados.
- Volume de produção – influencia o tamanho da fábrica e a quantidade de recursos de transformação.

A interação entre essas variáveis é que influenciará a definição do layout.

Tipos tradicionais de layout

Baseado em Filippo Filho (2014), Martins e Laugeni (2015), Neumann e Scalice (2015) e Slack *et al.* (2018), faremos uma análise dos layouts mais

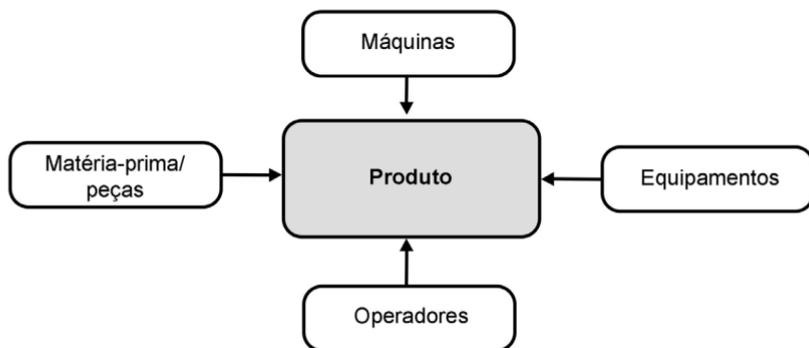
importantes que podem ser aplicados para a indústria de transformação ou prestação de serviços:

a) Posicional

Aplicações como construção naval, manutenção de computadores mainframes, construção de rodovias, grandes pontes rolantes são exemplos de situações em que a movimentação de fluxo não é do produto, mas sim dos recursos que são necessários para realizar os processos de fabricação ou prestação de serviços.

Portanto, as máquinas, equipamentos e operadores é que se somam à matéria-prima para se deslocarem até o produto que está sendo processado (Figura 3.1).

Figura 3.1 | Layout posicional



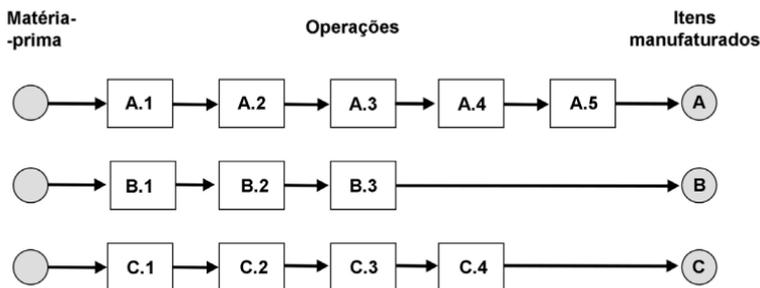
Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 14).

Nesse tipo de layout é necessário deslocar mão de obra e máquinas, mais equipamentos, o que acarreta custo elevado, pois os recursos são utilizados de forma ineficiente, mas não há outra alternativa por causa da impossibilidade de deslocar o produto.

b) Por produto

Trata-se de aplicações que envolvem linhas de montagem de veículos, alimentação self-service, campanhas de vacinação, entre outros. Nessas linhas verifica-se que o objetivo é a alta produtividade em que os produtos movimentam-se na linha até sua conclusão final. Caracterizam-se por manterem os equipamentos e recursos humanos fixos em postos de trabalho. As operações realizadas em cada posto são repetitivas.

Figura 3.2 | Layout por produto



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 14).

As principais vantagens desse layout são as elevadas taxas de produtividade, possibilidade de implantação de elevado nível de automação, uma vez que as tarefas são repetitivas, minimização do tempo de setup das máquinas, diminuição da necessidade de mão de obra especializada, possibilidade de uso de máquinas dedicadas para operações repetitivas. O principal aspecto negativo é que esse layout é pouco flexível e não tolera mudanças nas especificações dos produtos que estiverem sendo fabricados. Outro problema é que essas linhas precisam ser fortemente sincronizadas e a falha de operação de um equipamento provoca a interrupção da linha de produção.

c) Por processo

Também chamado de layout funcional, caracteriza-se por ser separado em departamentos, cada um com uma determinada função a ser executada. Dessa forma, os produtos visitam os departamentos conforme os processos que precisam sofrer para serem fabricados.

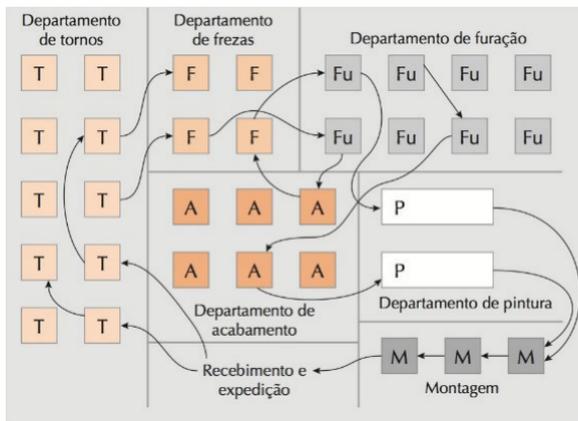
Nesse caso, o volume de produção passa a ser baixo, enquanto a variedade de produtos é elevada. Outra denominação desse tipo de layout é *job shop*.

Os departamentos têm máquinas com a mesma função. Por exemplo, teríamos o departamento de tornos, o departamento de fresas e assim por diante. Entretanto, essas máquinas podem ser de comando numérico (CNC), capazes de ter flexibilidade operacional. Isso significa que um torno pode realizar diferentes processos de torneamento, utilizando diferentes ferramentas. De forma análoga, teríamos as fresas sendo capazes de fresar utilizando diferentes ferramentas.

O desafio nesse tipo de layout é definir a vizinhança entre os departamentos. O critério que pode ser utilizado consiste em manter mais próximos os departamentos que são mais utilizados. Dessa maneira, procura-se diminuir o tempo gasto em fluxos de movimentação.

Você pode encontrar exemplos clássicos de utilização desse layout em hospitais, bibliotecas e instituições bancárias, por exemplo. A Figura 3.3 mostra uma situação genérica de layout por processo.

Figura 3.3 | Layout por processo



Fonte: Martins e Laugen (2015, p. 147).

Um ponto de destaque desse layout é sua capacidade de se adaptar a novos mix de produtos, ou seja, é flexível para atender a mudanças de mercado.

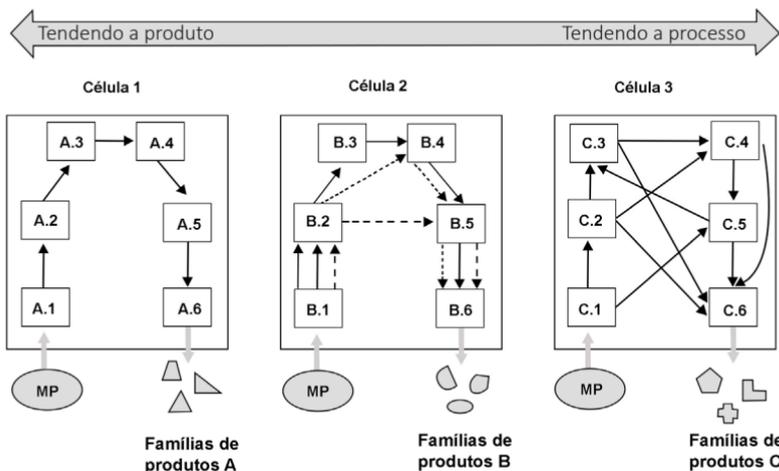
d) Celular

Esse layout procura conjugar flexibilidade com alta produtividade. Para isso, são montadas células de produção que consistem em arranjos físicos com máquinas que são capazes de processar um determinado conjunto de peças que apresentam similaridades em seus processos de fabricação. Esse conjunto de peças é denominado família de peças. Dessa forma, as células são capazes de fabricar lotes de peças com produtividade maior do que aquela obtida no layout do tipo *job shop*.

A Figura 3.4 ilustra três células diferentes. Observe que a célula 1 tem um layout em forma de U que assemelha-se a um layout por produto. Por sua vez, a célula 2 tem produtos com pequenas diferenciações em suas rotas, migrando para processo. No caso da célula 3 observa-se nitidamente que se trata de um layout mais voltado para processo, em que os produtos têm rotas diferenciadas.

O êxito das células está em agrupar os produtos em famílias de forma adequada. Para isso, costuma-se utilizar a técnica denominada Tecnologia de Grupo, comumente aplicada para a formação de células de manufatura.

Figura 3.4 | Layout por células



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 14).



Refleta

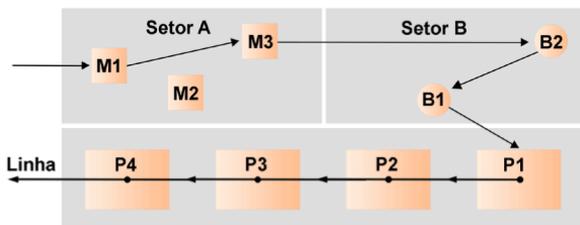
Uma das grandes dificuldades atualmente consiste em planejar layouts de fábricas que sejam ao mesmo tempo flexíveis e com produtividade elevada. De um lado, há uma tendência pelo extremo de layouts funcionais, enquanto, por outro lado, há o extremo de layouts baseados em produto e linhas de produção.

Qual seria a melhor alternativa capaz de conjugar esses dois tipos de layout?

e) Mistos

Os layouts mistos também são denominados híbridos ou combinados. Como a própria denominação sugere, trata-se de uma junção de diferentes layouts para dar origem a um novo formato de arranjo físico. A Figura 3.5 ilustra um exemplo em que se verifica um layout funcional com máquinas semelhantes agrupadas nos setores A e B e uma linha de produção seriada.

Figura 3.5 | Exemplo de layout misto



Fonte: Martins e Laugeni (2015, p. 149).



Exemplificando

Layout de Hospitais

Em uma primeira instância geral, são organizados funcionalmente, por departamentos. Por sua vez, cada departamento é organizado de acordo com outro tipo de layout. Vejamos:

- Radiologia – é visto como um departamento de um arranjo funcional para os pacientes.
- Laboratório de Análises Clínicas – são vários exames que são realizados, ou seja, layout por produto.
- Centro cirúrgico – uma vez que o paciente não pode ser removido, trata-se de um arranjo posicional em que os recursos deslocam-se até ele.
- Ultrassonografia – é visto como um departamento de um arranjo funcional para os pacientes.

Portanto, esse é um caso típico de layout misto.

Escolha do tipo de layout

Para se decidir a respeito de um determinado layout, deve-se ter como diretrizes (NEUMANN; SCALICE, 2015):

1. Minimizar manipulação de materiais.
2. Minimizar deslocamento dos clientes.
3. Minimizar deslocamento dos funcionários.
4. Otimizar vizinhança entre departamentos que mais interagem.
5. Obedecer às normas de segurança.

Martins e Laugeni (2015) afirmam que, no caso de layout de escritórios, cada posto de trabalho para uma pessoa desenvolver suas atividades deve ter entre 5 e 7, a fim de garantir privacidade, quando necessário, e proximidade para maximizar o trabalho, também quando necessário.

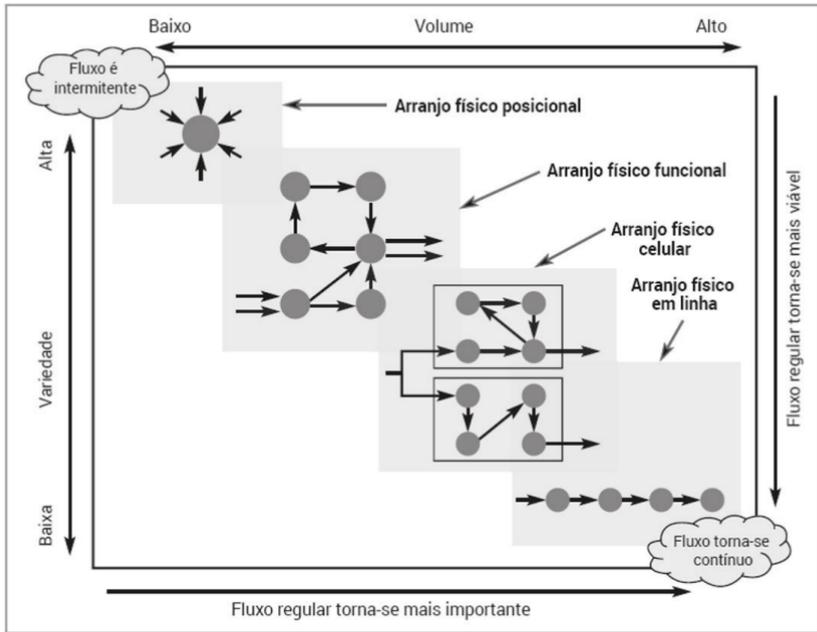
Respeitando essas diretrizes, de acordo com Slack *et al.* (2018), existem situações importantes que descrevem possíveis comportamentos associados aos sistemas produtivos que indicam a tendência por:

- Volume baixo e variedade alta – como o volume é baixo, o fluxo é baixo e o impacto em aperfeiçoá-lo será pequeno. Nesses casos, a indicação é de layout posicional.
- O volume começa a crescer e a variedade começa a decrescer – nesse caso, basta um arranjo físico funcional dividido por departamentos.

- Volume médio e variedade média – podem ser organizados agrupamentos por similaridade em células.
- Volume alto e variedade baixa – nesse caso, o fluxo deve ser elevado e teremos arranjo físico em linha.

A Figura 3.6 apresenta como essas variáveis determinam os tipos de arranjos físicos ou layouts que são mais adequados para cada caso.

Figura 3.6 | Diferentes arranjos físicos (layouts) de acordo com a relação volume-variedade



Fonte: Slack *et al.* (2018, p. 250).



Pesquise mais

É importante decidir sobre qual layout deve ser adotado no projeto de uma fábrica, considerando a questão de variedade e quantidade de produtos. Entretanto, é importante ter uma visão clara e objetiva das vantagens e desvantagens de cada tipo de layout para que um gestor possa decidir qual o layout mais adequado.

Para saber mais, sugerimos a leitura das páginas 249 a 251, do material a seguir, disponível em Minha Biblioteca:

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

Concluindo, nesta seção você aprendeu a definição de layout de uma fábrica, quais são os tipos tradicionais de arranjos físicos e como escolher o layout adequado para cada natureza de sistema produtivo.

Sem medo de errar

Como vimos, você atuou de forma decisiva no planejamento de uma nova fábrica de lâmpadas LED e sua experiência adquirida fez com que fosse escolhido para participar de um novo projeto. Trata-se de uma nova frente de trabalho para atender às necessidades de um empresário que deseja investir na criação de uma central de serviços para oferecer postos de trabalho de teleatendimento. O objetivo dessa empresa é atuar na área de prestação de serviços de atendimento ao cliente. No presente caso, a intenção é reunir organizações de setores variados envolvendo lojas de eletrodomésticos, lojas de móveis e lojas de informática.

Considerando esse cenário, uma vez que o arranjo físico para centrais de atendimento pode influenciar diretamente a qualidade do serviço prestado, dependendo do modelo conceitual que for adotado para essa empresa de teleatendimento, serão obtidos resultados diferentes que, inclusive, poderão deixar de atender às expectativas do cliente que apresenta dúvidas sobre esse novo projeto. Portanto, deve-se considerar:

- A adequação do atendimento por produto para esse novo empreendimento.
- Que uma estrutura de central de atendimento de vários produtos necessita de um determinado tipo de arranjo físico que é mais conveniente e capaz de lidar com essa variedade.

Dada a sua experiência em projetos de fábrica, seu supervisor solicitou que fizesse uma apresentação para o cliente, esclarecendo as dúvidas apresentadas.

Esboço da apresentação

Um processo de atendimento consiste em identificar qual a necessidade do cliente. Basicamente, existem os seguintes processos:

1. Identificação do cliente.
2. Identificação de sua necessidade.
3. Direcionamento para o setor com capacidade para resolver o problema do cliente.

4. Identificação do grau de satisfação pelo atendimento recebido.

Por sua vez, em termos de processos envolvendo cada perfil de cliente, temos, por exemplo:

- Linha de eletrodomésticos – formada por atendentes voltados para essa área com conhecimento específico dos clientes que apresentam algum problema nesses produtos, principalmente quanto à questão de encaminhamento para manutenção em rede de serviços autorizada.
- Lojas de móveis – nesse caso, os aspectos fundamentais são atender a serviços de montagem e entrega.
- Lojas de informática – a questão é dar suporte para orientar o consumidor a respeito de configuração com diferentes recursos associados à velocidade de processamento, memória etc.

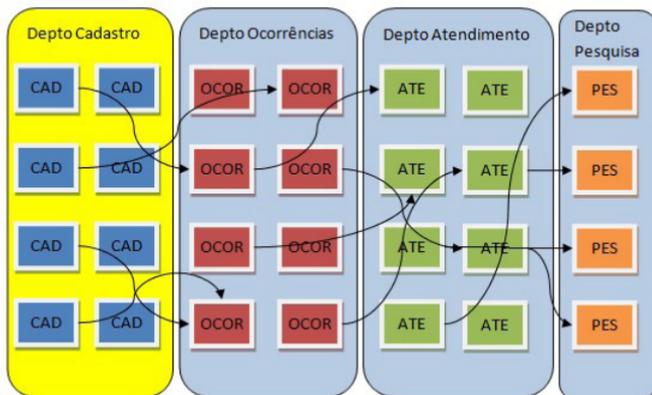
Como envolve produtos de três clientes diferentes, uma possível abordagem seria orientar o layout baseado em processos ou funcional, com quatro departamentos:

- Departamento 1 – atendimento para solução de atualização e checagem de dados cadastrais do cliente, incluindo dados de endereço de entrega e cobrança, por exemplo.
- Departamentos 2 – cadastro de dados associados à ocorrência do cliente para encaminhamento para o setor responsável, por exemplo.
- Departamento 3 – deve conter as linhas de atendimento para cada perfil de cliente, ou seja, para um cliente de eletrodomésticos, um cliente de móveis ou, então, um cliente que adquiriu equipamentos de informática.
- Departamento 4 – coleta de dados de pesquisa sobre a qualidade do atendimento.

Um exemplo de layout está ilustrado na Figura 3.7, em que os quatro departamentos estão sendo representados por estações de trabalho.

Por sua vez, dependendo da complexidade dos processos no departamento de atendimento, caso seja necessário, é possível introduzir linhas de produto independentes para o produto Eletrodomésticos, o produto Móveis e o produto Equipamentos de Informática. Nesse caso, teremos um layout misto.

Figura 3.7 | Proposta de layout funcional



Fonte: elaborada pelo autor.

Dessa forma, obtivemos uma proposta de layout funcional baseada em quatro departamentos que apresentam várias estações de atendimento. Se for necessário, esse layout pode evoluir para um arranjo físico do tipo layout misto, em que o departamento de atendimento poderia ser organizado por produto, contemplando os três produtos existentes.

Avançando na prática

Modernização de uma indústria de manufatura

Descrição da situação-problema

Uma fábrica de componentes eletrônicos para fabricação de equipamentos eletrônicos utilizava um arranjo por produto de cinco linhas em paralelo. Entretanto, começaram a se configurar algumas mudanças na demanda de mercado. Houve um aumento na variedade dos produtos que passaram a ser no formato de módulos eletrônicos, com características específicas e determinadas similaridades nos processos de fabricação. Com isso, o volume se distribuiu, diminuindo o volume específico de cada unidade.

Diante dessa mudança de perfil, o fabricante questiona:

- Qual deve ser o novo arranjo físico?
- Como podem ser consideradas as similaridades entre as peças que são fabricadas para o projeto desse novo layout?

Você foi contratado para elaborar uma apresentação para esse cliente que o oriente na solução desse problema.

Resolução da situação-problema

Inicialmente, devemos avaliar a questão de variedade e volume:

- Houve um aumento da variedade de produtos.
- Houve uma diminuição do volume específico de cada unidade fabricada.

Retomando o gráfico da Figura 3.5, podemos observar que o fluxo contínuo constituído de cinco linhas de produção em paralelo correspondia ao extremo inferior direito do gráfico.

Entretanto, conforme ocorre uma diminuição do volume de cada produto que deve ser fabricado, há um aumento da variedade, um deslocamento para o centro do gráfico da Figura 3.5, sugerindo um arranjo físico celular.

Isso é testificado pelo fato de o cliente reconhecer que existem similaridades entre os produtos que devem ser fabricados. Essas similaridades podem ser utilizadas para se aplicar Tecnologia e Grupo para a formação das células.

Por sua vez, conforme exemplificado na Figura 3.4, é possível configurar as células com a tendência para produto ou para processo, dependendo do volume de produção que for necessário produzir de cada lote de produtos.

Portanto, a solução proposta é um layout celular em que o número de células e o layout de cada uma delas dependerão das características da família que estiver associada. Como resultados teremos uma fábrica inovadora com flexibilidade e produtividade adequadas para a nova realidade de demanda.

Faça valer a pena

1. Quanto mais evoluiu o conhecimento humano, maior foi a preocupação em estudar métodos para organizar o layout em diferentes áreas. Considerando essa informação, preencha as lacunas do texto a seguir:

O conceito de layout está associado à maneira como estão _____ os recursos que são utilizados para _____ dos produtos em uma fábrica, considerando os processos de fabricação a serem realizados, que provocarão uma _____ entre esses recursos.

Assinale a alternativa correspondente ao preenchimento correto das lacunas, de acordo com a sequência que aparecem no texto:

- a) configurados; fabricação; interação.
- b) dispostos; transporte; separação.
- c) configurados; transporte; interação.
- d) dispostos; fabricação; separação.
- e) dispostos; fabricação; interação.

2. Existem layouts tradicionais que podem ser aplicados na indústria de transformação ou prestação de serviços. Para se decidir a respeito de um determinado layout que seja mais adequado para o projeto de uma fábrica, deve-se ter diretrizes estabelecidas a serem respeitadas. Dessa forma, o comportamento da fábrica em questão estará de acordo com o que foi planejado em termos de produtividade, qualidade e custo dos produtos fabricados.

Considerando o contexto apresentado, qual uma das diretrizes básicas a serem seguidas para a decisão do layout a ser projetado, de modo a atender às necessidades de uma fábrica? Assinale a alternativa correta.

- a) Maximizar a manipulação de materiais é uma diretriz importante, porque evita a formação de estoques intermediários.
- b) Maximizar o deslocamento de clientes é uma diretriz fundamental para evitar dependência de mercado local.
- c) Minimizar o deslocamento de funcionários.
- d) Manter o distanciamento entre departamentos para evitar quebra de sigilo.
- e) Considerar que as normas de segurança não afetam o layout.

3. O problema de layout ou arranjo físico das organizações passou a ser um tema de interesse a ser estudado quando o homem começou a associar os processos que seriam realizados nesses ambientes com a distribuição eficiente dos elementos envolvidos na realização desses processos.

Considerando os modelos tradicionais de layout, avalie as seguintes afirmações:

- I. O layout posicional limita a movimentação dos recursos, que passam a ficar fixados em um determinado espaço físico.
- II. O ponto forte do layout por produto consiste no fato de ser extremamente flexível para acomodar diferentes produtos.
- III. Células de produção consistem em arranjos físicos com máquinas capazes de processar um determinado conjunto de peças que apresentam similaridades em seus processos de fabricação.

De acordo com a sua avaliação, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmação I está correta.

- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) Somente a afirmação III está correta.
- d) Somente as afirmações I e III estão corretas.
- e) Somente as afirmações II e III estão corretas.

Projeto de layout: ferramentas

Dialógo aberto

Já vimos como é fundamental definir de forma adequada o layout de uma fábrica, pois esse será um fator determinante para que a fábrica seja capaz de cumprir a capacidade produtiva planejada. Para que o projeto de um determinado layout seja executado, é necessário utilizar algumas ferramentas, pois, dependendo de cada caso, haverá a necessidade de envolver diferentes volumes de informações a serem processadas, de tal forma que o layout pretendido seja obtido com êxito.

Na seção anterior, você desenvolveu um excelente trabalho inicial de definição do layout para o desenvolvimento das atividades, isto é, orientou a respeito da definição do arranjo físico mais adequado. Seu cliente ficou muito satisfeito com o trabalho realizado e deseja evoluir na fase de projeto do sistema produtivo de teleatendimento. Ele pondera dizendo que esse tipo de atividade depende fortemente da interação direta entre pessoas e, portanto, é de fundamental importância a obtenção de modelos descritivos de como deve ser o procedimento de atendimento para que boas práticas sejam avaliadas e se tornem um padrão de qualidade de serviço que é desenvolvido pela empresa. Nesse contexto, seu cliente tem as seguintes dúvidas e pede a sua orientação:

- É possível construir algum diagrama capaz de representar a forma como os atendimentos são executados?
- Existe um padrão para se fazer essa descrição a fim de mudar a cultura de avaliação interna dos processos de atendimento?

Faça um relatório técnico apontando a solução desses problemas que foram levantados.

Nesta seção você verá, inicialmente, as ferramentas mais comuns para o projeto de layout de fábrica, ou seja, PERT-CPM (Program Evaluation and Review Technique – Critical Path Method) e noções sobre balanceamento de linhas de produção, os diagramas P-Q (produto-quantidade) e as curvas ABC. Na sequência, você aprenderá como podem ser utilizados os diagramas de processos e carta multiprocesso. Por fim, você conhecerá os pontos fundamentais que devem ser considerados no projeto de layout de uma fábrica, e como se estrutura o re-layout de um sistema produtivo.

Um excelente trabalho!

Ferramentas para projeto de layout

Baseando-nos em Lamb (2015), Martins e Laugeni (2015), Neumann e Scalice (2015), e Slack *et al.* (2018), conheceremos as principais técnicas para o projeto de layout.

a) PERT-CPM

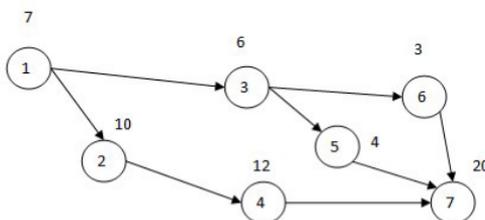
Para projetos de grande porte, pode-se utilizar a técnica PERT/com, que se baseia nos seguintes conceitos:

- Caminho crítico – corresponde ao caminho de atividades que precisam ser executadas. Ele é o mais demorado, portanto, se acontecer algum imprevisto nesse caminho, isso provocará um atraso. Por isso, esse caminho é chamado de crítico.
- Folga – é o intervalo de tempo de atraso que é permitido, de tal forma que não comprometa o tempo associado ao caminho crítico.
- Prazo esperado – para cada atividade estima-se o tempo pessimista TP , que é o máximo necessário para se realizar uma atividade; estima-se o tempo mais provável TMP , que é o tempo normal de operação sem imprevistos; e o tempo otimista TO , que corresponde ao comportamento ótimo do sistema. Nesse contexto, a fórmula para cálculo do tempo esperado m será:

$$m = \frac{TP + 4 \cdot TMP + TO}{6}$$

Esse método utiliza diagramas de rede em que cada círculo representa uma atividade e as setas estabelecem uma relação de precedência entre elas (Figura 3.8). Observe que cada atividade é representada por um círculo e identificada por um número. Por sua vez, os números fora do círculo representam os tempos m de cada atividade.

Figura 3.8 | Exemplo de diagrama de rede



Fonte: elaborada pelo autor.

Para a elaboração do diagrama de rede há um procedimento simples que pode ser adotado:

- Liste as tarefas em uma tabela.
- Defina os pré-requisitos de uma com relação às outras.
- Estabeleça os tempos m de cada atividade.

A partir desses dados você pode implementar sistematicamente os diagramas de rede, começando pelas atividades que não têm pré-requisito.



Exemplificando

Considere a tarefa de pintura de uma peça automotiva (Tabela 3.1).

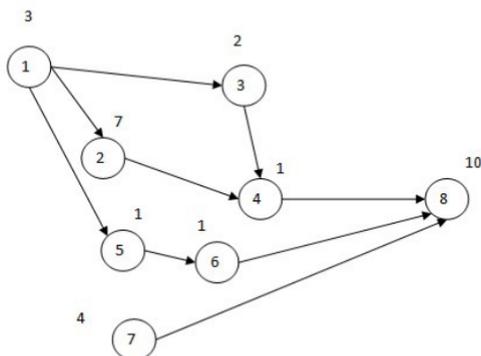
Tabela 3.1 | Preparo da pintura de superfície de uma peça

Atividade	Pré-requisito	Tempo m
1. Trazer os elementos	0	3
2. Preparar a tinta	1	7
3. Preparar o catalisador	1	2
4. Misturar o catalisador com a tinta	2, 3	1
5. Fixar a peça	0	1
6. Remover impurezas da superfície	5	1
7. Acionar pressão positiva na câmara de pintura	0	4
8. Executar a pintura	4, 6, 7	10

Fonte: elaborada pelo autor.

A partir do procedimento proposto, obtém-se o diagrama de rede da Figura 3.9.

Figura 3.9 | Diagrama de rede equivalente da Tabela 3.1



Fonte: elaborada pelo autor.

É importante observar que o diagrama de rede da Figura 3.9 apresenta os seguintes caminhos:

- 1>3>4>8 que totaliza 16 min.
- 1>2>4>8 que totaliza 21 min.
- 1>5>6>8 que totaliza 15 min.
- 7>8 que totaliza 14 min.

Dessa forma, é possível concluir que: **o caminho 1>2>4>8 é crítico!**



Refleta

Um dado muito importante para se manter o controle das atividades em um projeto de alta complexidade é dimensionar o tempo de folga de cada caminho percorrido pelas diferentes atividades que compõem os processos que devem ser executados.

É possível identificar folgas sem ter estimado o caminho crítico?

b) Balanceamento

No caso de organizações que se baseiam em produção em linha ou em células, o desafio está em se definir quantas estações de trabalho serão necessárias para realizar a capacidade produtiva planejada. Para isso, será necessário definir as operações que serão realizadas em cada estação e a produtividade requerida para cada uma delas. De acordo com a necessidade de cada sistema produtivo, será necessário determinar qual o número adequado de estações de trabalho para atender à demanda planejada, ou então, aumentar a eficiência das estações de trabalho operantes. Os parâmetros básicos que são calculados para o balanceamento são os seguintes:

- Tempo de ciclo TC
 - $TC = \frac{\text{Período_Disponível_para_Fabricar}}{\text{Qtde_Exigida_no_Período}}$
 - Fornece período de tempo entre dois itens consecutivos que foram fabricados.
- Número mínimo de estações N_{\min}
 - $N_{\min} = \frac{\sum t_i}{TC}$ onde t_i é o tempo de processamento do item na estação i .
- Eficiência do balanceamento Ef

- $Ef = \frac{N_{\min}}{NR}$ onde NR é o número real de operadores. Esse valor resulta do arredondado de N_{\min} sempre para o valor inteiro superior.

Dado um caso real em que se tem um processo de fabricação em várias etapas com uma determinada distribuição de tempos de processamento em cada uma delas, sabendo-se que se deseja produzir uma determinada quantidade de peças em certo período, é possível determinar o número de estações necessária da seguinte forma:

1. Calcule os parâmetros vistos anteriormente.
2. Distribua as operações nas estações de trabalho, de tal maneira que não ultrapasse o tempo máximo de operação TC .

Dessa forma, você obtém uma primeira aproximação de como é possível balancear a linha de produção em questão.



Pesquise mais

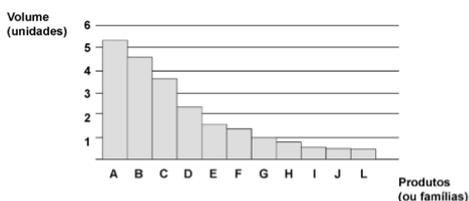
O assunto linhas de montagem seriada é bastante amplo e envolve uma série de particularidades, como a elaboração de diagramas de montagem e a análise de linhas de montagem que envolvem multiprodutos. Leia mais sobre esse assunto no material a seguir (da página 153 até 163), disponível em Minha Biblioteca:

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção fácil**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

c) Diagrama P-Q, curva ABC e diagrama de processos

O diagrama P-Q (produto-quantidade) ou P-V (produto-volume) representa como varia a quantidade produzida em função dos produtos fabricados. Dessa forma, pode-se ter uma noção de prioridade no momento de definir o layout para a produção dos diferentes produtos (Figura 3.10).

Figura 3.10 | Exemplo de gráfico P-V



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 14).



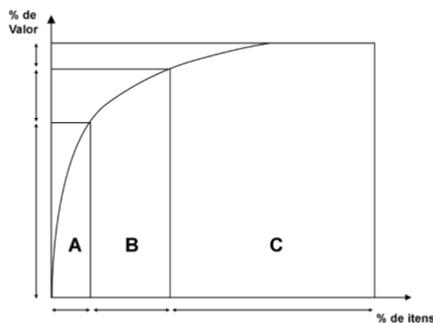
Assimile

Uma ferramenta tradicional é a curva ABC, que pode ser associada aos gráficos P-V. A curva ABC é mostrada na Figura 3.11 e aplica o princípio de Pareto ou 80-20, em que os itens são divididos em três grupos:

- Grupo A – corresponde a até 20% dos itens que respondem por 80% do volume de produção.
- Grupo B – corresponde a 30% dos itens que respondem por 15% do volume de produção.
- Grupo C – corresponde a cerca de 50% dos itens que respondem por 5% do volume de produção.

Quando houver a necessidade de detalhar os processos, podem ser utilizados diagramas de processos conforme estudado anteriormente. Entretanto, quando for necessário representar múltiplos processos associados à fabricação de diferentes produtos ou atendimentos a serviços diversificados, existe uma ferramenta denominada carta multiprocesso. A Figura 3.12 ilustra um modelo dessa carta.

Figura 3.11 | Curva ABC



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 14).

Figura 3.12 | Exemplo de carta multiprocesso

Operação	Produto A	Produto B	Produto C	Produto D	Produto E
Cortar	1	1	1		1
Centrar	2	2	2	1	
Tornear		3	4	2	
Mandrilar		4	3		
Fresar	3				2
Retificar	4			3	
Tratamento térmico		5	5	4	3

Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 14).

Observe que se trata de uma tabela em que a primeira coluna representa os processos ou operações que podem ser realizadas. As demais colunas mapeiam as operações que devem ser executadas para a fabricação de cada produto, respectivamente. Por meio dessa carta é possível descobrir formas

de otimizar o agrupamento de vários processos de fabricação ou atendimento por meio de aproximação de máquinas ou postos de trabalho que estejam interagindo com maior frequência. Ela também permite uma visão global dos vários processos simultâneos que possam estar ocorrendo e, com isso, podem ser pesquisadas heurísticas para minimizar o fluxo de movimentação de materiais, por exemplo (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Projeto de layout

Você aprendeu as principais técnicas que podem ser aplicadas no projeto do layout de uma fábrica. Isso significa que o espaço físico do sistema produtivo deve acomodar as máquinas e equipamentos de tal forma que (NEUMANN; SCALICE, 2015; MARTINS; LAUGENI, 2015):

- O resultado principal seja maximizar a flexibilidade da produção e garantir a competitividade da empresa. O projeto de layout deve estabelecer de forma criteriosa como devem estar dispostos os recursos necessários para a realização dos processos de fabricação, e prever como os fluxos de materiais devem ocorrer para minimizar a energia e tempo gastos em manipulação e transporte.
- As diretrizes a serem cumpridas nesse projeto de layout baseiam-se em garantir a integração dos recursos, minimizando a distância a ser percorrida para o transporte de materiais. Os processos de fabricação de cada item devem determinar as rotas de fabricação para que os espaços possam ser racionalizados. Além disso, as normas de segurança devem ser respeitadas para não colocar em risco as vidas dos operadores humanos e o patrimônio da empresa.
- A visão tecnológica consiste em aplicar recursos de automação e tecnologia da informação para que os processos de fabricação possam ser realizados com êxito, mantendo a competitividade necessária para sobrevivência da organização.

Falhas no projeto de layout provocarão danos à produtividade de uma empresa, que não terá flexibilidade para realizar seus processos de fabricação, e os fluxos de materiais serão intensos, causando dificuldade e gasto excessivo de energia, encarecendo o produto final.

Projeto de re-layout

Outro aspecto importante que deve ser considerado é que grande parte dos desafios dos sistemas produtivos não é projetar novos layouts, e sim modernizar os layouts que já existem. Neumann e Scalice (2015) discutem o desenvolvimento de metodologia para o projeto de re-layout. Nesse contexto, observa-se a existência de três fases fundamentais nessas metodologias.

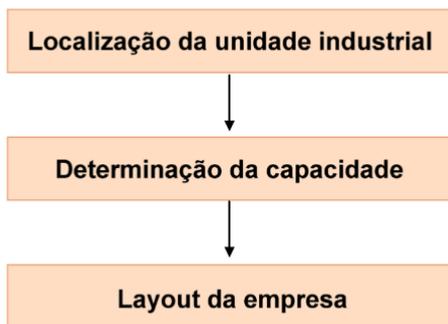
A primeira etapa consiste em aplicar-se uma visão sistêmica, em que o ponto de partida está na definição do que de fato faz parte do novo projeto, ou seja, dos processos de fabricação a serem considerados e dos recursos vinculados. Na sequência, há uma análise detalhada da produtividade esperada do novo sistema e como isso impacta a distribuição dos recursos que serão utilizados. Para essa análise, é necessário dispor de um maior volume de dados para que os aprimoramentos planejados sejam dimensionados corretamente. Por fim, realiza-se o plano de instalação na planta, com o planejamento dos métodos de verificação para que o checklist de todos os itens seja realizado de forma efetiva.

Portanto, de acordo com Neumann e Scalice (2015), a elaboração ou reelaboração de layout de uma fábrica sempre envolve três aspectos fundamentais:

- Coleta de dados e informações para subsidiar o planejamento e projeto.
- Definição de um conjunto de métodos que seja aderente às necessidades da fábrica para a realização do estudo do novo layout.
- Confecção de modelo detalhado, capaz de reproduzir o comportamento que se deseja para o novo layout.

Considerando essas diretrizes e, baseado em Neumann e Scalice (2015) e Martins e Laugeni (2015), você realizará projetos de layout de excelente qualidade, se observar cuidadosamente o seguinte: antes de começar o estudo do layout de uma empresa, é fundamental você ter definido claramente a capacidade e, antes disso, o estabelecimento da localização da fábrica (Figura 3.13).

Figura 3.13 | Os passos fundamentais para definição do layout



Fonte: Martins e Laugeni (2015, p. 144).

Com isso, você avançou mais um passo importantíssimo no sentido de aprender a desenvolver o projeto de layout de uma unidade produtiva.

Sem medo de errar

Você desenvolveu um excelente trabalho inicial de definição do layout para o desenvolvimento das atividades, orientando seu cliente a respeito da definição

do arranjo físico mais adequado. Para evoluir o projeto do sistema produtivo de teleatendimento, seu cliente faz uma observação dizendo que esse tipo de atividade depende fortemente da interação direta entre pessoas que atuam no processo. Portanto, é de fundamental importância a obtenção de modelos descritivos de como deve ser o procedimento de atendimento para que boas práticas possam ser avaliadas e se tornem um padrão de qualidade de serviço que é desenvolvido pela empresa. Nesse contexto, seu cliente precisa de sua orientação a respeito da possibilidade de construir algum diagrama capaz de representar a forma como os atendimentos são executados. Além disso, ele quer saber se existe um padrão ou modelo para se fazer essa descrição, a fim de possibilitar a mudança da cultura de avaliação interna dos processos de atendimento.

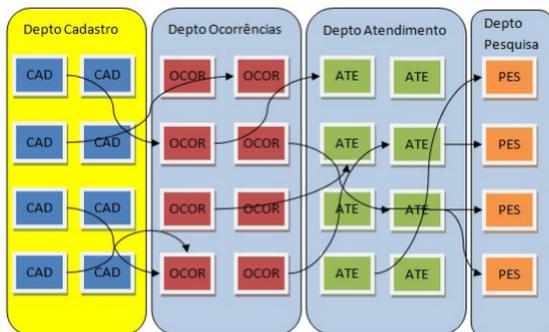
Para orientar o seu cliente, você deverá redigir um relatório técnico apontando a solução desses problemas levantados.

Esboço do relatório

Uma forma de representar os processos de atendimento é utilizar a carta multiprocesso. Utilizando essa ferramenta é possível representar os diferentes processos de atendimento, ou seja, a forma como os atendimentos devem ser executados.

Inicialmente, lembre-se de que, conforme visto anteriormente, um esboço do layout funcional proposto apresenta a forma ilustrada na Figura 3.7.

Figura 3.7 | Proposta de layout funcional



Fonte: elaborada pelo autor.

Considerando o departamento de atendimento, uma vez que há uma especificidade associada à natureza do atendimento, podemos exemplificar uma carta multiprocesso. Nessa carta, o padrão de representação é feito por meio de uma tabela, em que a primeira coluna contém os processos de atendimento e as demais colunas representam os diferentes tipos de atendimento. Considerando o caso em questão, exemplifiquemos os seguintes atendimentos:

- Atendimento A – de lojas de eletrodomésticos. Nesse caso, exemplificaremos três possíveis situações:
 - Atendimento A1 – solicitação de reparo em garantia.
 - Atendimento A2 – solicitação de substituição em garantia, por defeito de fabricação.
 - Atendimento A3 – cliente está descontente e deseja devolver o produto dentro do prazo legal.
- Atendimento B – de lojas de móveis. Nesse caso, exemplificaremos duas situações:
 - Atendimento B1 – cliente solicita montagem de um móvel.
 - Atendimento B2 - cliente está descontente e deseja devolver o produto dentro do prazo legal.
- Atendimento C – de equipamentos de informática. Exemplificaremos duas situações:
 - Atendimento C1 – cliente com problemas, necessita de reparo em garantia.
 - Atendimento C2 – cliente está descontente, não consegue configurar o sistema conforme suas expectativas e deseja devolver o produto dentro do prazo legal.

Dessa forma, o resultado seria a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 | Exemplo de carta multiprocesso

Processos	Atendimento			Atendimento		Atendimento	
	A1	A2	A3	B1	B2	C1	C2
Registrar solicitação	①	①	①	①	①	①	①
Providenciar reparo em garantia	②					③	
Agendar montagem				②			
Orientar configuração						②	②
Providenciar substituição em garantia		②					
Orientar devolução de mercadoria			②				③
Agendar retirada de mercadoria					②		
Agendar Instalação							
Comunicar protocolo atendimento	③	③	③	③	③	④	④

Fonte: elaborada pelo autor.

Com a elaboração da carta, percebe-se que é possível analisar o layout mais adequado para os postos de atendimento previstos para o layout, considerando que os profissionais podem ter contato por proximidade para trocar experiências em suprir as necessidades dos clientes que são atendidos e aprimorar continuamente as boas práticas, com uma qualidade cada vez maior.

Portanto, houve uma grande evolução no sentido de desenvolver o projeto de layout de uma unidade produtiva.

Avançando na prática

Desbalanceamento da linha de produção

Descrição da situação-problema

Uma indústria de manufatura passou por um processo de automação pontual em alguns processos, para se adequar às exigências de mercado em relação ao atendimento dos padrões de qualidade de seus produtos. Entretanto, aquilo que parecia ser uma grande solução, tornou-se um grande desafio, pois se verificou, com o passar do tempo, um pequeno desbalanceamento na linha que afeta a produtividade. Por isso, o supervisor de linha deseja uma orientação e seu questionamento é o seguinte: quais poderiam ser os procedimentos básicos para se aplicar uma abordagem quantitativa do problema? Faça uma descrição técnica de como seria uma abordagem quantitativa do problema.

Resolução da situação-problema

Uma vez que já foi implantada automação dos processos, entende-se que não é mais necessário aumentar a eficiência de cada estação. O problema pode ser tratado da seguinte forma:

1. Faça um levantamento da produtividade desejada para um determinado período, ou seja, faça um levantamento do tempo que existe para fabricar. Dentro desse período, indique qual a quantidade de produtos que se deve produzir. Com isso, você é capaz de dimensionar o tempo de ciclo, ou seja, $TC = \frac{\text{Período_Disponível_para_Fabricar}}{\text{Qtde_Exigida_no_Período}}$.
2. Com a referência dos recursos produtivos existentes na fábrica, some os tempos de processamento de cada processo em cada recurso (t_i) e, utilizando o valor de TC calculado, você poderá estimar o número mínimo de estações necessárias, ou seja, $N_{\min} = \frac{\sum t_i}{TC}$.

3. Por fim, estime a eficiência do balanceamento para que você possa ter uma dimensão da qualidade da solução proposta. Para isso, faça um arredondamento para cima no valor de N_{\min} , para obter NR e calcular a eficiência $Ef = \frac{N_{\min}}{NR}$.

Esse é o procedimento básico que permite uma análise quantitativa da operação de uma fábrica para a fabricação de seus produtos.

Faça valer a pena

1. Você aprendeu que existem diversas técnicas que podem ser aplicadas no projeto do layout de uma fábrica. Baseado nesse contexto, preencha as lacunas do texto a seguir:

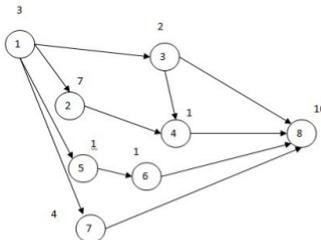
As diretrizes a serem cumpridas em um projeto de layout baseiam-se em garantir a _____ dos recursos, minimizando a distância a ser percorrida para o transporte de materiais. Os processos de fabricação de cada item devem determinar as rotas de fabricação para que os espaços possam ser _____. Além disso, as normas de _____ devem ser respeitadas para não se colocar em risco as vidas dos operadores humanos e o patrimônio da empresa.

Assinale a alternativa correspondente ao preenchimento correto das lacunas, de acordo com a sequência que aparecem no texto:

- a) divisão; racionalizados; partida.
- b) integração; racionalizados; partida.
- c) divisão; restritos; segurança.
- d) integração; racionalizados; segurança.
- e) integração; restritos; segurança.

2. Existem várias ferramentas para o projeto do layout de uma fábrica. Quando utilizamos um diagrama de rede, há uma série de informações fundamentais que podem ser utilizadas. Faça uma análise do diagrama ilustrado na figura a seguir.

Figura | Diagrama de rede para análise



Fonte: elaborada pelo autor.

Considerando o diagrama de rede apresentado, assinale a alternativa correta.

- a) Existe um caminho que consome 20 unidades de tempo.
- b) A rede apresenta um máximo de seis caminhos que podem ser percorridos.
- c) O caminho crítico totaliza 21 unidades de tempo.
- d) A folga máxima permitida é de 8 unidades de tempo.
- e) Esse diagrama não permite folgas.

3. Quando se aplica a técnica PERT-CPM, necessariamente envolve-se o uso de uma série de conceitos. Considerando essa informação, avalie as seguintes afirmações:

- I. O tempo esperado para realização de uma atividade está diretamente relacionado com o tempo pessimista que foi previsto.
- II. O tempo de folga não compromete o caminho crítico.
- III. Enquanto o sistema produtivo estiver operando dentro do caminho crítico, não haverá possibilidade de atrasos.

De acordo com a sua avaliação, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmação I está correta.
- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) Somente a afirmação III está correta.
- d) Somente as afirmações I e III estão corretas.
- e) Todas as afirmações estão corretas.

Projeto de layout: concepção

Diálogo aberto

O desenvolvimento do layout de uma fábrica exige uma preparação profissional qualificada. Essa atividade envolve o conhecimento de princípios de gestão de projetos para o estabelecimento de diretrizes de organização das fases necessárias para que o projeto do layout seja executado passo a passo e com o formalismo necessário. Assim, pode-se satisfazer as expectativas do cliente. Um fracasso na definição do layout provocará consequências desastrosas para uma fábrica, pois a sua produtividade poderá ser afetada de tal forma que poderá comprometer a competitividade de uma empresa.

Uma vez que você já orientou a respeito do arranjo físico do sistema produtivo que seu cliente deseja implantar e já desenvolveu uma nova cultura para a representação dos processos de atendimento, seu cliente aprovou as propostas apresentadas e tem um novo desafio. Ele sabe que quando é necessário elaborar o projeto detalhado do layout, um dos aspectos importantes para esse tipo de atividade é como implementar um posto de trabalho adequado para o colaborador. Nesse sentido, o seu cliente deseja saber se:

- Há alguma recomendação específica que restrinja a forma como esses postos de trabalho devem ser implementados?
- O mobiliário precisa ser específico?
- Quais os equipamentos mínimos que devem ser instalados?

Faça um relatório técnico detalhando esses aspectos.

Nesta seção você será capacitado para vencer esse desafio. O primeiro aspecto que abordaremos será a definição de ciclo de vida de um projeto, e veremos que existe um modelo de referência que pode ser adotado para o projeto do layout de um sistema produtivo. Na sequência, estudaremos como se desenvolve a fase de planejamento e a importância de se definir o escopo do projeto. Feito isso, veremos como desenvolver as fases seguintes que são o projeto informacional para o levantamento das informações necessárias, o projeto conceitual para elaboração das alternativas de layout e a escolha da solução mais adequada. Finalizando, você verá como deve proceder para conceber o projeto detalhado.

Com isso, você será capacitado a projetar soluções de layout para fábricas.

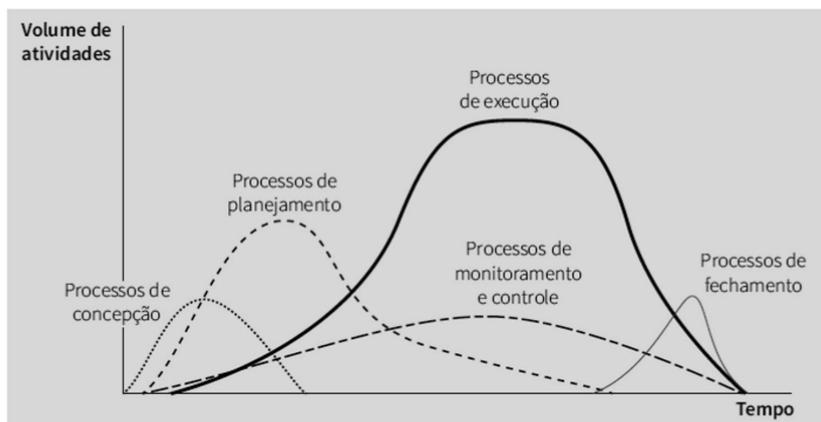
Um bom trabalho!

Projeto de layout de fábrica e o modelo de referência

Em gestão de projetos há um conceito muito importante que deve ser considerado e que se refere ao fato de todo projeto apresentar um ciclo de vida associado. Nesse ciclo, observa-se a ocorrência de fases em que são realizados processos que são um conjunto de atividades com fins específicos.

A Figura 3.14 ilustra essa situação em que se observa uma fase inicial de concepção do projeto com um volume reduzido de atividades. É nessa fase que são levantados os requisitos iniciais que norteiam o projeto. Apesar de envolver um baixo volume de informações, trata-se de uma das fases mais importantes, por isso, deve-se ter um cuidado extremo para que não se considere requisitos equivocados. Se isso acontecer, o resultado será um progressivo aumento de atividades nas fases posteriores, que provocarão um prejuízo cada vez maior para se voltar e rever o projeto. Após o levantamento dos requisitos, deve-se realizar o planejamento para que haja uma previsão dos recursos e da forma como estes serão utilizados ao longo do tempo previsto para a duração do projeto. Conforme o projeto avança para a finalização de seu planejamento, inicia-se a fase de execução, que é permeada por processos de controle e monitoração para que aquilo que foi planejado esteja sendo executado dentro do cronograma previsto. Finalmente, conforme a execução evolui para a sua conclusão, os processos de encerramento passam a ser executados para que seja gerada uma documentação para a manutenção e aprimoramento do sistema projetado.

Figura 3.14 | Ciclo de vida de um projeto

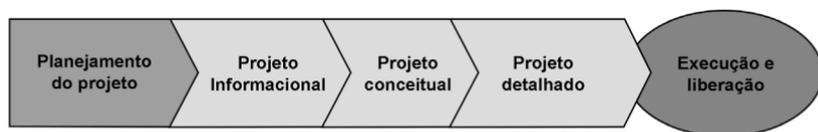


Fonte: Menezes (2018, p. 58).

Portanto, deve ficar claro que o ciclo de desenvolvimento de um projeto deve ser disciplinado por boas práticas. Se isso não acontecer, ou seja, se não

houver um modelo de referência a ser seguido, o êxito de um projeto dependerá exclusivamente do bom senso e experiência do projetista. No caso do projeto de layout, uma vez que se trata de um projeto, há uma preocupação em se buscar um método para o seu desenvolvimento que seja um modelo de referência. É nesse sentido que se apresenta a Figura 3.15.

Figura 3.15 | Ciclo de vida de um projeto



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 15).



Assimile

De acordo com Neumann e Scalice (2015), há quatro fases fundamentais que constituem o ciclo de projeto do layout de uma fábrica:

Planejamento – são realizadas as atividades necessárias para o levantamento das necessidades a que o novo layout precisa atender.

Projeto informacional – consiste no desenvolvimento das atividades que estão vinculadas ao levantamento dos dados e informações para darem suporte ao desenvolvimento do projeto.

Projeto conceitual – corresponde à fase em que são levantadas as alternativas que se mostram como possíveis soluções de layout para atender às necessidades estipuladas. Portanto, é nessa fase que se define qual deve ser a solução mais adequada.

Projeto detalhado – uma vez escolhida a alternativa mais adequada, é o momento em que se detalham os aspectos necessários para a implementação no novo layout, tendo como alvo atingir os melhores resultados possíveis para a fábrica, em termos de produtividade.

Durante a realização dessas fases, o projetista precisa: (i) realizar atividades de apoio para revisar o projeto a cada fase; (ii) acompanhar a evolução da situação econômica do projeto passo a passo; (iii) checar a viabilidade técnica do projeto, à medida em que as fases são concluídas; (iv) checar se a viabilidade técnica e econômica do projeto estão caminhando juntos; e (v) controlar a documentação de todas as decisões que foram tomadas e as boas práticas que foram aprendidas.

Esse deve ser o modelo de referência para execução de projetos de layout.

Na sequência, veremos detalhes de cada uma das fases do modelo de referência para o desenvolvimento de projetos de layout.

Layout: planejamento do projeto e projeto informacional

Para o desenvolvimento do planejamento do layout é fundamental definir uma equipe de profissionais que conheçam muito bem os processos que serão realizados. Além disso, esses profissionais devem dominar a especificação dos produtos a serem fabricados. Essa equipe é temporária e é importante que seja multidisciplinar para ser capaz de lidar com dois aspectos: a complexidade associada com a dimensão da fábrica, o número e a variedade de produtos fabricados, e a novidade que pode estar presente quando se tratar da fabricação de novos produtos. Portanto, a função dessa equipe, durante a fase de planejamento, é levantar o escopo do projeto, ou seja, identificar qual deve ser o conjunto de metas a serem cumpridas para se alcançar o objetivo final pretendido, estabelecendo um cronograma de entregas que deve ser cumprido, e quais os recursos a serem utilizados para isso (MENEZES, 2018). Uma vez estabelecido o escopo do projeto na fase de planejamento, este deve ser utilizado como diretriz para as próximas fases.

Na sequência, inicia-se a fase de projeto informacional. Ele consiste no levantamento dos dados para a coleta de informações qualitativas e quantitativas pertinentes ao novo layout, e posterior análise desses dados. Essas tarefas devem envolver três contextos:

- Os dados dos produtos a serem fabricados, de acordo com as especificações técnicas contidas nos catálogos. Essas informações pertençam à área de engenharia do produto. Elas são analisadas para que se possa classificar os produtos em grupos e, assim, avaliar os volumes de produção associados.
- Uma descrição dos processos de fabricação associados a cada produto, conforme estipulado pela engenharia de manufatura. Essas informações devem ser modeladas de tal forma que seja possível formalizar a lógica e o sequenciamento a serem utilizados na fabricação.
- Um modelo contendo uma descrição inicial do espaço físico disponível e das necessidades existentes para a implantação do novo sistema produtivo, com seus recursos de fabricação, de acordo com a engenharia de produção. Portanto, é necessário modelar o fluxo de materiais esperado para que seja possível estabelecer uma relação com o layout mais apropriado.

Para a realização dessas atividades, é necessário que o gestor faça um acompanhamento a fim de checar a viabilidade técnica e econômica do projeto, para que não fuja do escopo planejado. Nesse contexto, é fundamental que todas as decisões de projeto sejam devidamente documentadas para controlar a sua evolução.



Refleta

Uma fábrica de produtos alimentícios pretende lançar um novo produto no mercado e, para isso, precisa propor um novo layout para sua estrutura física. O gestor responsável pela inovação deseja iniciar o projeto de forma sistemática para que não haja equívocos na definição do arranjo físico. Como deveria ser essa sistemática? Qual deve ser a fase inicial para o projeto desse novo layout? E as fases subsequentes para conclusão do projeto em questão?

Layout: projeto conceitual

Nesta fase o objetivo é obter propostas de layout, a partir do projeto informacional, aderentes ao escopo do projeto. O ponto de partida é a definição de Unidades de Planejamento de Espaço (UPE). Para realizar essa tarefa, deve-se utilizar os diagramas de processos previstos para a fábrica e, por meio de reuniões técnicas, sintetizar um quadro resumo de UPEs necessárias. Por exemplo, em uma indústria automotiva, serão necessárias UPEs de usinagem, pintura, montagem etc.

O próximo passo consiste na definição das afinidades entre as UPEs. Deve-se analisar afinidades que possam existir e estejam relacionados aos processos, ao fluxo de materiais entre pares de UPEs e compartilhamento de recursos, inclusive recursos humanos. Com essas informações, é possível realizar a próxima tarefa, que é agrupar as UPEs para se obter um conjunto de alternativas de layout.

Para finalizar essa fase de projeto, deve-se escolher uma das alternativas de layout. Os aspectos que costumam ser avaliados são:

- Estimativa do custo envolvido para efetuar a mudança.
- Custo envolvido no deslocamento de materiais.
- Custo associado ao uso racional do espaço físico disponível.

Uma vez definidos os critérios de avaliação, é importante elaborar uma matriz de avaliação, conforme exemplificado da Figura 3.16, para sistematizar a análise. São estabelecidos pesos para cada critério e a somatória dos pontos indicará a melhor alternativa.

Figura 3.16 | Exemplo de matriz de avaliação de alternativas de layout

Critérios	Pesos	Alternativas		
		I	II	III
A	P_1	X_1	Y_1	Z_1
B	P_2	X_2	Y_2	Z_2
C	P_3	X_3	Y_3	Z_3
Totalização		$T_I = X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + X_3 \cdot P_3$	$T_{II} = Y_1 \cdot P_1 + Y_2 \cdot P_2 + Y_3 \cdot P_3$	$T_{III} = Z_1 \cdot P_1 + Z_2 \cdot P_2 + Z_3 \cdot P_3$

Fonte: elaborada pelo autor.

Layout: projeto detalhado

De acordo com Neumann e Scalice (2015), a fase de projeto detalhado envolve três atividades fundamentais: otimização e consolidação do layout, seguido do detalhamento dos postos de trabalho. Inicialmente é realizada a consolidação. Para isso, deve-se detalhar no desenhado do layout que foi selecionado, de acordo com a alternativa escolhida na fase do projeto conceitual. Uma vez realizado esse detalhamento, a próxima fase consiste em otimizar a solução. Para isso, é necessário adotar um procedimento que, de uma forma geral, percorre os seguintes passos (NEUMANN; SCALICE, 2015):

- Desenvolvimento de um modelo computacional para que seja possível simular o comportamento do layout e medir a produtividade esperada desse modelo de layout. Com a evolução dos recursos computacionais, é possível utilizar ferramentas de realidade virtual avançadas que permitem a geração de modelos sofisticados para visualização do futuro layout. Dependendo da situação tecnológica da empresa, pode ser necessário desenvolver maquetes, que são modelos em escala reduzida. Entretanto, os resultados são bem mais simplificados quando se compara com aquilo que pode ser gerado por meio de recursos computacionais.
- Desenvolvimento de um *mock-up*, que consiste na representação do modelo do layout em escala 1:1 para que o usuário possa interagir com a estrutura. É importante salientar que não é necessário implantar a funcionalidade prevista para o layout, ou seja, o modelo tem a finalidade de representar a estrutura em detrimento do comportamento vinculado à execução dos processos de fabricação, que poderiam exigir um investimento elevado para esse estudo e não é esse o objetivo nesta fase.

Observe que há uma interação entre a fase de consolidação e otimização. À medida que as simulações oferecem detalhes de como pode ser aprimorado o comportamento do layout, esses detalhes passam a ser consolidados no modelo. Como resultado, obtém-se um modelo para a planta do sistema produtivo que detalha as dimensões do layout e a infraestrutura necessárias em termos de parte elétrica, pneumática e hidráulica, além de redes de comunicação e cabeamento estruturado.

Por fim, avança-se para o detalhamento dos postos de trabalho que consiste em uma tarefa que envolve o estudo de tempo de métodos juntamente com ergonomia. O objetivo é detalhar as operações que precisam ser realizadas em cada posto, de tal forma que sejam descritas as ações que compõem cada operação para que haja uma precisão adequada no dimensionamento do tempo necessário para a realização de cada uma das operações previstas.

Para o dimensionamento do tempo, podem ser utilizadas técnicas de cronometragem, quando possível. Quando essa técnica não for viável, pode-se utilizar a técnica de amostragem, que considera um valor médio a partir de um período específico, em que a operação foi executada certo número de vezes. Ainda há a situação em que o layout é novo e não há como realizar a cronometragem. Nesses casos, utiliza-se o método de tempos sintéticos, em que valores padrões são adotados como referência.

Com relação à ergonomia, trata-se de questões voltadas para a fisiologia do corpo humano. Dessa forma, deve-se considerar o ambiente físico de trabalho e como o operador humano interage com esse meio físico utilizando cadeiras, ferramentas de trabalho, movimentos repetitivos, força aplicada etc. Há dois fundamentos importantes que devem ser considerados no processo de estudo ergonômico:

- É indicado que as pessoas sejam selecionadas porque têm o perfil adequado para a realização daquele trabalho, e não a situação inversa.
- Deve-se aplicar um método científico para considerar como deve ser a melhor forma de interação do operador humano com seu ambiente de trabalho, a fim de se obter as melhores condições de trabalho para ele, em termos de produtividade e qualidade de vida.

Baseado nesses fundamentos, de acordo com Neumann e Scalice (2015), há três aspectos fundamentais que devem ser abordados no contexto de projeto ergonômico de postos de trabalho. O primeiro refere-se à questão anatômica e biomecânica, ou seja, o ser humano tem um esqueleto, músculos e vários sistemas que o mantêm vivo, como o circulatório, o respiratório, o digestivo, entre outros. O segundo aspecto refere-se às questões fisiológicas, ou seja, é necessário respeitar o equilíbrio energético de nosso corpo, permitindo que seja feito o controle do ritmo de trabalho, permitindo a programação de períodos de descanso. O terceiro é o aspecto antropométrico, que estuda as dimensões do corpo humano e a adequação dos instrumentos de trabalho que serão manipulados pelos operadores humanos.

É importante alertar sobre o fato de que existem normas regulamentadoras, como a NR 17 (BRASIL, 2015), que estabelecem as condições ergonômicas a serem satisfeitas no projeto das áreas de trabalho.



Exemplificando

Para o caso das atividades exercidas por trabalhadores a NR 17 (BRASIL, 2015), estabelece algumas diretrizes importantes, voltadas para a ergonomia, que contemplam: (i) condições para a execução de trabalhos manuais envolvendo o transporte e a manipulação

de cargas; (ii) a forma como devem ser projetados os mobiliários utilizados nos postos de trabalho; (iii) os equipamentos que devem estar presentes nesses postos; (iv) as condições ambientais para preservar o bem-estar do trabalhador; e (v) como deve proceder a organização das atividades de trabalho. Há ainda dois anexos sobre teleatendimento e operações de checkout para instruir sobre a ergonomia para realização dessas atividades.

A Figura 3.17 reúne tudo o que foi dito até o momento e que envolve o projeto detalhado de uma estação de trabalho. O projeto do layout do posto de trabalho deve visar ao equilíbrio entre as dimensões do espaço físico e sua influência sobre a ergonomia do corpo humano, e à adequação para a realização das operações dentro dos tempos estabelecidos.

Figura 3.17 | Projeto detalhado de um posto de trabalho



Fonte: Neumann e Scalice (2015, cap. 15).



Pesquise mais

O uso de ferramentas computacionais para gerar ambientes virtuais e interativos tem evoluído exponencialmente nesta década. O artigo *Novo programa da Microsoft usa realidade mista para criação de ambientes* mostra um panorama dessa evolução.

YUGE, C. Novo programa da Microsoft usa realidade mista para criação de ambientes. **Tecmundo**, [S.l.], 7 maio 2018.

Concluindo, podemos exemplificar um procedimento básico baseando-nos nos seguintes passos para a realização do projeto de uma estação de trabalho:

- Ordenar os postos e começar pelo mais prioritário.
- Fazer um modelo descritivo simplificado do posto.
- Utilizar um diagrama P-V (Produto-Volume) e dar prioridade para os produtos que serão manipulados com maior frequência.
- Especificar as ferramentas necessárias para o desenvolvimento das atividades.
- Fazer um modelo dos processos a serem executados, sendo um diagrama para cada mão, considerando os estudos de tempos e métodos e os aspectos envolvendo a anatômica e biomecânica, a fisiologia e antropometria.
- Elaborar as possíveis propostas e selecionar a mais adequada.

Com isso, você conclui mais uma unidade em que foi capacitado a desenvolver o projeto de layout de uma unidade produtiva.

Sem medo de errar

Você já comprovou que é capaz de desempenhar um bom trabalho no projeto de layout de sistemas produtivos. Inicialmente, você orientou a especificação do arranjo físico do sistema que seu cliente deseja implantar e foi capaz de desenvolver uma nova cultura para a representação dos processos de atendimento. O resultado foi que seu cliente aprovou as propostas apresentadas e já propôs um novo desafio para você. Ele sabe que, para elaborar o projeto detalhado do layout, um dos aspectos importantes é ser capaz de implementar um posto de trabalho adequado para o colaborador. Nesse sentido, o seu cliente deseja saber se há alguma recomendação específica que restrinja a forma como esses postos de trabalho devem ser implementados. Além disso, ele questiona se o mobiliário precisa ser específico e quais seriam os equipamentos mínimos que deveriam ser instalados.

Seu superior solicita a você que atue nesse projeto, fazendo um relatório técnico que detalhe esses aspectos.

Esboço do relatório técnico

As questões levantadas pelo cliente focam exatamente a questão de como deve ser projetada cada estação de trabalho para que atenda aos requisitos de ergonomia que devem ser satisfeitos para a realização do trabalho de teatendimento.

a) Projeto dos postos de trabalho

Para o projeto dos postos de trabalho, deve ser considerado o tipo de atividade que será realizada. Considera-se importante para esse contexto de trabalho:

- Construir o posto de trabalho mantendo um isolamento acústico entre as estações de trabalho para que as ligações telefônicas possam ser efetuadas.
- Manter a temperatura e a umidade do ar adequadas nos postos, a fim de garantir o conforto do trabalhador e não comprometer o sistema respiratório.

b) Projeto do mobiliário

Nos postos de trabalho deve estar disponível mobiliário para permitir o uso de terminais de computadores. O monitor e o teclado devem ser dispostos de tal forma que seja possível regular a posição deles, possibilitando que o trabalhador ajuste-os a seu padrão ergonômico sem dificuldades.

Outra questão importante a ser observada é que se os pés do operador não alcançarem o chão quando ele estiver sentado, será necessário providenciar um suporte de apoio regulável.

Além da mesa de operação, é possível que haja mesas acessórias contendo materiais de consulta, por exemplo. Todos os móveis devem seguir as dimensões estabelecidas na NR 17 (BRASIL, 2015).

c) Projeto dos equipamentos

Quanto aos equipamentos necessários para garantir a operação nos postos, a NR 17 (BRASIL, 2015) estabelece que é necessário fornecer aos trabalhadores fones de ouvido que tenham microfone integrado do tipo *headsets*. Esses equipamentos devem ter ajuste de volume e proteção contra ruídos indesejáveis intensos que possam prejudicar a audição, além de serem robustos quanto à questão de proteção contra choques elétricos.

Dessa forma, observa-se que as orientações que envolvem o contexto ergonômico têm legislação específica e, no caso do teleatendimento, há um conjunto de diretrizes para preservar a qualidade de vida e conforto do trabalhador.

Uma vez que não se trata de uma linha de produção de fábrica voltada para a manufatura, por exemplo, a situação de estudo ergonômica torna-se mais simples, pois não envolve a questão de tempos e métodos envolvendo o

uso das mãos para analisar o efeito de cada alternativa de processo na produtividade do sistema.

Com isso, você desenvolveu sua capacidade de projeto de layout para sistemas produtivos.

Avançando na prática

Seleção de alternativas de layout

Descrição da situação-problema

Durante a fase de projeto conceitual do layout de uma fábrica, o gestor está com três propostas que precisam ser analisadas. Em reunião, decidiram que os critérios seriam: (A) controle do fluxo de materiais; (B) vizinhança das unidades mais visitadas; (C) possibilidade de atender ao crescimento de demanda de mercado. Como poderá ser realizada uma análise simples desse problema de decisão sobre qual alternativa escolher? O projeto está atrasado e não há mais tempo hábil para convocar novas reuniões. Faça um relatório direcionando a solução.

Resolução da situação-problema

A solução que o gestor deve adotar é construir uma matriz de avaliação de alternativas. Uma vez que não se mencionou se um critério deveria pesar mais do que o outro na decisão, então pode ser considerado peso unitário para todos eles. Por sua vez, o gestor deveria convocar a equipe para mais uma reunião e atribuir notas para cada alternativa. Como não existe tempo hábil para isso, uma possibilidade é coletar essas notas por meio eletrônico, calcular a média aritmética para cada critério no contexto de cada alternativa e construir a matriz desejada. Suponha que as médias para as alternativas (A), (B) e (C) para as propostas (I), (II) e (III) sejam: [Proposta (I): (A) = 5; (C) = -1]; [Proposta (II): (A) = 7; (B) = 1 e (C) = 1] e [Proposta (III): (A) = 3; (B) = 3 e (C) = 2]. A Figura 3.18 apresenta a matriz equivalente.

Figura 3.18 | Matriz de avaliação de alternativas calculada

Critérios	Pesos	Alternativas		
		I	II	III
A	1	5	7	3
B	1	4	1	3
C	1	-1	1	2
Totalização		$T_i = 5 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + (-1) \cdot 1 = 8$	$T_{ii} = 7 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 9$	$T_{iii} = 3 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 8$

Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, a alternativa II é a vencedora.

1. O modelo de referência para execução de projetos de layout deve ser considerado como base para todo gestor que iniciar o planejamento de um novo layout. Nesse contexto, preencha as lacunas do texto a seguir:

Durante a realização do ciclo de vida do projeto de layout, o projetista precisa: (i) realizar atividades de apoio para _____ o projeto a cada fase; (ii) acompanhar a evolução da situação _____ do projeto passo a passo; (iii) checar a viabilidade _____ do projeto à medida em que as fases são concluídas; (iv) controlar a documentação de todas as _____ que foram tomadas e as boas práticas que foram aprendidas.

Assinale a alternativa que corresponde ao preenchimento correto das lacunas, de acordo com a sequência que aparecem no texto:

- a) retificar; econômica; técnica; decisões.
- b) revisar; política; técnica; decisões.
- c) revisar; econômica; inovadora; decisões.
- d) revisar; econômica; técnica; decisões.
- e) retificar; política; técnica; decisões.

2. O gestor precisa desenvolver o projeto informacional do layout de uma fábrica. Para isso, há uma sequência de atividades que precisam ser realizadas para o levantamento dos dados necessários. Você precisa orientar esse gestor, que propôs um procedimento com as seguintes tarefas:

- I. Levantamento dos dados dos produtos a serem fabricados.
- II. Levantamento dos processos de fabricação associados aos produtos.
- III. Levantamento da situação financeira da empresa.

De acordo com a sua análise das afirmações, classifique cada uma em verdadeira (V) ou falsa (F) e assinale a alternativa correspondente à ordem correta de verdadeiro e falso.

- a) V - V - V.
- b) F - V - V.
- c) F - F - V.
- d) F - F - F.
- e) V - V - F.

3. A fase do projeto detalhado do layout de uma fábrica envolve uma série de atividades. Nesse contexto, avalie as afirmações a seguir:

- I. A matriz de avaliação das alternativas de layout é crucial e faz parte das ativi-

dades dessa fase do ciclo de vida do projeto do layout.

- II. O desenvolvimento do *mock-up* ainda é utilizado e não é necessária utilizar escala 1:1 para sua implementação.
- III. De uma forma geral, podemos afirmar que essa fase do projeto envolve otimização, consolidação e detalhamento dos postos de trabalho.

De acordo com a sua avaliação, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmação III está correta.
- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) Somente a afirmação I está correta.
- d) Somente as afirmações I e II estão corretas.
- e) Somente as afirmações II e III estão corretas.

Referências

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 17, de 29 de setembro de 2015.** NR 17 – Ergonomia. Brasília, DF: Ministério do Trabalho, 2015. Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-17-ergonomia>. Acesso em: 1 fev. 2019.

FILIPPO FILHO, G. **Automação de processos e de sistemas.** São Paulo: Érica, 2014.

LAMB, F. **Automação industrial na prática.** Porto Alegre: AMGH, 2015.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MENEZES, L. C. M. **Gestão de projetos:** com abordagem dos métodos ágeis e híbridos. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de fábrica e layout.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção.** 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

Unidade 4

Fábricas flexíveis

Convite ao estudo

Existem dois aspectos fundamentais para estabelecer as diretrizes do desenvolvimento de sistemas produtivos. De um lado, existe uma evolução da tecnologia digital, que avança exponencialmente, para oferecer conectividade entre um universo de coisas inteligentes e pessoas capazes de se comunicarem entre si. Por outro lado, diante dessa realidade tecnológica, observa-se uma demanda diferenciada que exige inovação constante nos produtos que são ofertados no mercado. Nesse contexto surge como solução o desenvolvimento de fábricas flexíveis baseadas em princípios como manufatura celular e ambientes baseados no conceito de *fábrica digital e indústria 4.0*.

Mais uma vez, você desenvolveu um excelente trabalho com o último cliente que decidiu implantar o sistema de teleatendimento. Entretanto, seu supervisor tem um desafio maior e, graças ao seu desempenho positivo nos últimos projetos, você foi escolhido para atuar em um projeto de grande porte, a ser descrito a seguir.

Com o constante avanço de tecnologias para a fabricação de produtos inovadores no mercado, um fabricante de peças para veículos automotivos está preocupado com a questão de manter uma estrutura em sua fábrica que seja flexível para acompanhar as demandas do mercado. Por se tratar de uma empresa de autopeças, ela está inserida em cadeias produtivas de montadores que estabelecem requisitos mínimos em termos de qualidade e produtividade. Considerando que são vários tipos de peças, faz-se necessário desenvolver soluções que se baseiem em manufatura celular. Entretanto, o desafio é que sejam flexíveis para atender a demandas por avanços tecnológicos, uma vez que há tecnologias surgindo no mercado, e, para uma empresa que atua nesse setor, é essencial investir nesse novo direcionamento da indústria 4.0. Considerando esse cenário, seu novo cliente tem três grandes desafios:

a) Como poderá implantar um sistema de manufatura celular que seja flexível para atender a demandas que variam com o tempo?

b) Considerando o fato de poder utilizar ferramentas de CAD e CAM em seus processos de fabricação, como poderá integrar essas ferramentas para aumentar a flexibilidade, além de considerar e otimizar o desenvolvimento de novos produtos?

c) Quais seriam os primeiros passos que poderiam ser planejados para implantar progressivamente o conceito de indústria 4.0?

Para a solução desses desafios, na primeira seção você verá os conceitos fundamentais para o projeto de sistema de manufatura celular. Na segunda seção, você verá o conceito de fábrica digital e os recursos computacionais desenvolvidos para esse contexto. Por fim, na última seção, você verá detalhes fundamentais a respeito de indústria 4.0.

Bons estudos!

Sistema de manufatura celular

Diálogo aberto

Para o projeto de layouts que sejam capazes de atender à dinâmica de evolução de necessidades que ocorrem no mercado, o ponto de partida pode ser a investigação de células de manufatura, porque é uma forma consistente de se implementarem soluções que suportem a flexibilidade esperada por essas demandas. Os produtos tornam-se cada vez mais diversificados, com ciclos de vida cada vez menores, resultando na necessidade de layouts que se adéquem a esse tipo de realidade.

Você tem evoluído de forma exemplar e já realizou projetos importantes de layout para diferentes contextos de sistemas produtivos. Desta vez você será envolvido em uma nova situação: a definição de uma estrutura celular de fabricação de autopeças. Um dos grandes desafios que você terá de enfrentar é a respeito de como aplicar os conceitos de automação e flexibilidade de forma integrada.

A questão fundamental de nosso cliente é a seguinte: como organizar a produção de diferentes peças e ao mesmo tempo manter níveis elevados de produtividade, utilizando arranjos físicos que são flexíveis?

Ele solicita uma orientação técnica para a solução dos seguintes problemas:

- Que vantagens poderão ser obtidas com essa nova proposta?
- Quais parâmetros devem ser considerados para esse novo planejamento?
- Como poderia proceder para fazer o agrupamento de peças?

Seu supervisor solicitou que você elaborasse um relatório técnico contemplando esses aspectos e selecionando um método capaz de resolver o problema de agrupamento de peças para melhorar a produção.

Para que seja capaz de resolver essa situação, nesta seção você verá as características básicas a respeito de células de manufatura e quais são as diretrizes básicas para o seu projeto. Verá em detalhes o conceito de *tecnologia de grupo* e como aplicar técnicas baseadas nesse conceito para a definição de famílias de peças que serão a base da organização da produção utilizando arranjos de células de manufatura.

Dessa forma, espera-se que você seja capaz de desenvolver soluções baseadas em manufatura celular e saiba aplicar o conceito de tecnologia de grupo para definir as famílias de peças que devem ser processadas nas células.

Funcionalidade, vantagens e desvantagens da célula de manufatura

O conceito de *célula de manufatura* baseia-se no projeto de um tipo de layout que fabrica famílias de peças em suas células para que seja possível obter vantagens, como maior flexibilidade operacional, produtividade, qualidade do produto e viabilidade de soluções de automação que garantem maior segurança no trabalho e redução nos tempos de *setup* (preparação), diminuição dos estoques intermediários culminando com a redução do *lead-time*, ou seja, o tempo gasto para a produção de uma peça (NEUMANN; SCALICE, 2015).

Por sua vez, a tarefa de organizar a formação de famílias para serem processadas em células requer um conhecimento profundo dos processos e do projeto de cada produto para que seja possível otimizar o balanceamento dos tempos associado ao processo de fabricação das peças nos recursos existentes, lembrando que o ideal seria obter um layout em que as células seriam independentes, ou seja, sem compartilhamento de recursos. Entretanto, chegar a esse nível de solução pode ser complexo. Assim, o alvo passa a ser minimizar o nível de integração entre células que podem exigir exclusividades de máquinas para atender às células. Por exemplo, existem processos que podem envolver máquinas de grande dimensão que dificultam a formação de arranjos celulares. Outro aspecto importante é que os próprios funcionários que atuam no processo podem ser resistentes por entenderem que o volume de trabalho aumentou, fruto da nova organização.

Projeto e diretrizes para operação de células de manufatura

De acordo com Groover (2011), para o projeto de um sistema celular, existe um conjunto básico de objetivos que devem ser contemplados: (i) minimizar os tempos de processamento para que as peças possam ser produzidas com maior eficiência; (ii) reduzir o estoque intermediário de itens fabricados durante o processo para que não haja custos adicionais agregados ao produto final; (iii) manter a qualidade do processo a partir da normatização da produção utilizando recursos produtivos que são flexíveis e que mantêm a repetibilidade dos processos estendida para produtos diferentes (isso é possível porque as peças são agrupadas em famílias de peças que podem ser fabricadas em um mesmo conjunto de recursos); (iv) simplificar a programação da produção por meio do uso de células flexíveis que têm máquinas que podem realizar diferentes operações e se adequar a diferentes características de produtos que são fabricados; (v) reduzir os tempos de *setup* por meio do agrupamento de peças que podem ser processadas em uma máquina, sem a necessidade de *setup* individual para cada peça da família.

Nesse contexto, o ponto de partida deve ser levantar os requisitos necessários para se especificarem os seguintes parâmetros: (i) volume de produção e o tamanho dos lotes; (ii) variedade de peças que serão fabricadas; (iii) levantamento das máquinas disponíveis para os processos; (iv) tempo de processamento e de *setup*; (v) as rotas de fabricação de cada peça; (vi) espaço físico existente; (vii) sistema de manipulação previsto; (viii) sistema de transporte previsto. Esse conjunto de requisitos direcionará o projeto do sistema celular de manufatura.

Por sua vez, o projeto pode envolver: (i) uma célula composta de uma máquina individual; (ii) célula composta de várias máquinas que são integradas via manuseio manual de operadores presentes nela; (iii) célula composta de várias máquinas que são integradas via manuseio semi-integrado, ou seja, podem existir mecanismos de transporte, como uma esteira mecanizada, em que operadores recolhem e depositam peças durante o processo – a manipulação é manual, mas o transporte é automatizado; (iv) célula de manufatura flexível em que existem máquinas automatizadas que interagem com robôs para a realização das atividades de transformação, manipulação e transporte. Dependendo da complexidade do sistema produtivo, utiliza-se um determinado projeto de sistema celular capaz de atender às necessidades do mercado.



Refleta

Para a fabricação de diferentes produtos que necessitem de operações de torneamento, retífica, furação e rosqueamento, são necessárias diferentes máquinas. Em que situação a decisão por um arranjo celular torna-se vantajosa? O tamanho dos lotes que precisam ser fabricados influencia essa decisão?

Tecnologia de grupo (TG)

De acordo com Moreira (2012), há uma tendência de se produzirem lotes menores de produtos com características específicas de acordo com a demanda de clientes para que um sistema produtivo possa se manter competitivo. Uma ferramenta útil para atingir essa meta é a tecnologia de grupo (TG). O conceito que embasa essa técnica consiste em identificar a existência de possíveis similaridades entre peças a fim de agrupá-las em famílias. De uma forma geral, essa similaridade pode estar associada a dois contextos diferentes:

- Similaridades de projeto: estão associadas à forma geométrica da peça.
- Similaridades de manufatura: estão associadas aos processos necessários para fabricação das peças.

Nesse contexto, uma família de peças é composta de elementos com um conjunto de similaridades que podem ocorrer por conta do projeto ou da manufatura associada a eles. Dessa forma, será possível reduzir o manuseio e *setup* de máquinas para produção de diferentes peças, o que resulta em maior produtividade para garantir competitividade. Entretanto, os métodos aplicados para geração de famílias de peças baseados em TG podem ser complexos. De acordo com Groover (2011), existem três tipos de métodos que exigem pessoal qualificado e grande quantidade de informação disponível. São eles:

- **Inspeção visual:** envolve a observação visual do formato geométrico das peças para que sejam identificadas similaridades e sejam agrupadas. É o método mais simples e de menor investimento, mas depende diretamente da experiência do profissional que estiver realizando a investigação.
- **Classificação e codificação de peças:** este método consiste em verificar cada peça em termos de seu projeto e sua manufatura e codificá-las de acordo com as características identificadas. Por exemplo, se o código tem quatro dígitos, o primeiro dígito pode representar a forma principal; o segundo dígito, o tipo de usinagem; o terceiro dígito, a existência de furos, e assim por diante.
- **Análise do fluxo de produção:** as peças são analisadas de acordo com o fluxo de produção inerente a cada uma delas. Nesse contexto, as peças com fluxos similares são agrupadas na mesma família. Esse método utiliza as informações de manufatura e não considera dados de projeto. Há dois pontos positivos nisso:
 - Peças que apresentam geometrias diferentes podem basear-se em processos de fabricação similares e que podem ser agrupados.
 - Peças que a princípio apresentam similaridades geométricas podem exigir rotas de processo bastante diferentes.

Portanto, esses são os meios para se vencer a dificuldade de agrupar as peças em famílias quando se adota TG.

Introdução à análise de agrupamentos

a. Identificação dos agrupamentos

Como foi visto, há diferentes métodos para se realizar o agrupamento de famílias de peças. Estudaremos um algoritmo de fácil interpretação e que se baseia na técnica de agrupamento por ordem de classificação, conhecido como ROC (Rank Order Clustering – Clusterização por Ordem de Ranqueamento). Esse algoritmo baseia-se no método de análise do fluxo de produção.

Para isso, é necessário construir a matriz de incidência peça-máquina de tal forma que cada coluna represente uma peça e cada uma das linhas represente uma máquina. Conforme as máquinas são utilizadas para processar a peça, coloca-se 1 na posição correspondente.



Assimile

Algoritmo de ROC

De acordo com Groover (2011) e Neumann e Scalice (2015), existe um algoritmo, denominado algoritmo de ROC, que estabelece a seguinte lógica de iteração:

1. Atribua a cada linha da matriz um valor numérico correspondente ao número binário que ela representa por meio de 1s e 0s que estiverem presentes, da esquerda para a direita, sendo o algarismo à esquerda o mais significativo.
2. Organize as linhas em ordem decrescente, de cima para baixo.
3. Atribua a cada coluna da matriz um valor numérico correspondente ao número binário que ela representa por meio de 1s e 0s que estiverem presentes, de cima para baixo, sendo o algarismo acima o mais significativo.
4. Organize as colunas em ordem decrescente, da esquerda para direita.
5. Repita os passos de 1 a 4 até que não seja necessário mais reorganizar a matriz de incidência resultante.

Como solução, você terá uma matriz que objetiva implementar na diagonal as famílias de peças para constituírem as células, conforme exemplificado na Figura 4.1, em que os arranjos são mutuamente exclusivos.

Figura 4.1 | Solução de células mutuamente exclusivas

	Peças					
Máquinas	A	B	C	D	E	E
M1	1	1				
M2	1	1				
M3			1	1		
M4			1	1		
M5					1	1
M6					1	1

Fonte: elaborada pelo autor.

É importante ressaltar que nem sempre as células resultantes são grupos do tipo mutuamente exclusivos, conforme ilustra a Figura 4.1. Quando esse cenário não ocorrer, de acordo com Groover (2011), há uma série de alternativas que podem ser adotadas, como:

- Duplicar o recurso ou recursos para que as peças possam ser fabricadas em células específicas.

- Alterar a rota de fabricação das peças para que o processamento desejado seja realizado na primeira célula.
- Redefinir o processo de fabricação da peça para que possa ser processada integralmente na primeira célula.
- Selecionar um fornecedor externo para fabricar a peça em questão.

Dependendo da estratégia da empresa, diferentes soluções poderão ser adotadas para resolver essa questão. A Figura 4.2 ilustra um exemplo de matriz de incidência peça-máquina representativa de um sistema produtivo que necessita fabricar cinco tipos de peças diferentes com processos de fabricação envolvendo as seguintes máquinas: peça A somente M1, peça B envolve M3 > M5, peça C envolve M1 > M2, peça D envolve M2 > M3 > M4 e peça E envolve M3 > M5.

Figura 4.2 | Exemplo de matriz máquina-peça

Peças		A	B	C	D	E
Máquinas	M1	1		1		
M2				1	1	
M3			1		1	1
M4					1	
M5			1			1

Fonte: elaborada pelo autor.

Considerando esse caso, exemplificaremos a aplicação do algoritmo ROC para obter uma possível organização celular para o sistema.



Exemplificando

Aplicando o algoritmo passo a passo, obtemos inicialmente a Figura 4.3, após executar a organização das linhas e das colunas, de acordo com a lógica proposta.

Figura 4.3 | Primeira iteração envolvendo as linhas e colunas

Peças		A	B	C	D	E
Máquinas	M1	1		1		
M3			1		1	1
M5			1			1
M2				1	1	
M4					1	

Peças		C	A	B	E	D
Máquinas	M1	1	1			
M3				1	1	1
M5				1	1	
M2		1				1
M4						1

Fonte: elaborada pelo autor.

Uma nova iteração no algoritmo resulta na Figura 4.4, após executar a nova organização das linhas e das colunas.

Figura 4.4 | Segunda iteração envolvendo as linhas e colunas

Peças		C	A	B	E	D
Máquinas	M1	1	1			
	M2	1				1
	M3			1	1	1
	M5			1	1	
	M4					1

Peças		C	A	D	B	E
Máquinas	M1	1	1			
	M2	1		1		
	M3			1	1	1
	M5				1	1
	M4			1		

Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, ainda foi necessária uma nova iteração para organizar apenas as linhas, resultando na Figura 4.5.

Figura 4.5 | Iteração final

Peças		C	A	D	B	E
Máquinas	M1	1	1			
	M2	1		1		
	M3			1	1	1
	M4			1		
	M5				1	1

Fonte: elaborada pelo autor.

Observe que não é uma solução ideal, pois as duas células resultantes estão envolvidas com a produção da peça D. Nos casos em que as células não são completamente disjuntas, ou seja, cada uma não tem um conjunto de máquinas exclusivo para processar a sua família de peças, então, uma possível solução é duplicar determinada(s) máquina(s) para resolver o problema. No caso em questão, é possível resolver o problema duplicando-se a máquina M2.

b) Organização das máquinas

Uma vez obtido o agrupamento de peças em famílias, o próximo desafio consiste em definir como deve ser a disposição lógica da sequência das máquinas em cada célula. O método Hollier é bastante útil para definir essa sequência e é simples de ser aplicado (GROOVER, 2011). O objetivo desse método é calcular as razões De/Para, sendo necessário seguir estes passos básicos para executá-lo:

- Construa o diagrama De/Para de acordo com as informações fornecidas a respeito do movimento de um certo número de peças analisado. Entretanto, só devem ser computados os movimentos entre as máquinas e devem ser ignorados os movimentos para dentro e para fora da célula.
- Calcule a soma de cada “Para” a partir dos dados contidos em cada coluna.
- Calcule a soma de cada “De” a partir dos dados contidos em cada linha.
- Para cada valor obtido para “De”, calcule a razão “De/Para”.
- Inicie a distribuição das máquinas a partir da máquina que tiver a maior razão “De/Para”. Daí em diante, distribua as demais máquinas em ordem decrescente da razão “De/Para”. Quando houver empate, deve-se posicionar a máquina com maior índice “De” na frente da outra.

A Figura 4.6 ilustra um exemplo de aplicação do método passo a passo.

Figura 4.6 | Exemplo de aplicação do método Hollier

De	Para		
	M1	M2	M3
M1	12	0	43
M2	0	30	0
M3	14	21	0
Somas “Para”	26	51	43

Diagrama De/Para

De	Para			Somos “De”	Razão “De/Para”
	M1	M2	M3		
M1	12	0	43	55	2,11
M2	0	30	0	30	0,59
M3	14	21	0	35	0,81
Somas “Para”	26	51	43	120	

Cálculos das somas e razões

Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com os cálculos efetuados no exemplo da Figura 4.6, conclui-se que a sequência lógica de disposição das máquinas deve ser tal que a máquina M1 será a primeira, seguida da máquina M3 e depois, da M2.



Pesquise mais

Há um exemplo interessante de aplicação de manufatura celular para você pesquisar no artigo a seguir.

FREIRE, A.; MARINHO, E. Proposta de arranjo físico celular: estudo de caso em uma indústria têxtil. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. *Anais* [...] Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2015. p. 1-13.

Com isso encerra-se mais uma seção, sendo que desta vez você foi capacitado a planejar células de manufatura a partir da aplicação do conceito de TG e métodos

para agrupamento das peças em famílias e também para a disposição da sequência lógica das máquinas em cada célula.

Sem medo de errar

Sua atuação foi muito boa no planejamento de uma nova fábrica de lâmpadas LED e também no desenvolvimento de uma central de serviços para oferecer postos de trabalho para teleatendimento, capaz de atuar na área de prestação de serviços de atendimento em diferentes áreas do mercado envolvendo três diferentes perfis de clientes: lojas de eletrodomésticos, lojas de móveis e lojas de informática.

Agora você tem um novo desafio: ser responsável pela definição de uma estrutura celular de fabricação de autopeças. Um dos grandes problemas que você terá de enfrentar é a respeito de como aplicar os conceitos de automação e flexibilidade de forma integrada. A questão fundamental do cliente é sobre como organizar a produção de diferentes peças e, ao mesmo tempo, manter níveis elevados de produtividade, utilizando arranjos físicos flexíveis.

Ele está solicitando uma orientação técnica para solucionar três questões:

- Elucidar as vantagens a serem obtidas com essa nova proposta.
- Definir os parâmetros que devem ser considerados para esse novo planejamento.
- Definir um procedimento para fazer o agrupamento de peças.

Seu supervisor solicitou que você elaborasse um relatório técnico para responder a esses questionamentos.

Esboço do relatório

Uma vez que se trata de uma indústria de autopeças, é fundamental associar o aspecto da possibilidade de inserção de recursos de automação para melhorar a qualidade e eficiência do processo. Nesse sentido, a solução a ser adotada deve permitir maior flexibilidade operacional para que mudanças nos produtos possam ser absorvidas rapidamente, utilizando recursos de transformação flexíveis, ou seja, que sejam programáveis apresentando flexibilidade operacional, viabilizando a automação do processo. Além disso, as soluções de automação devem reduzir os tempos de *setup* e os estoques intermediários, provocando a redução do *lead-time*. Esses atributos justificam a implantação de um sistema celular de manufatura para essa indústria, uma vez que descreve as vantagens que estarão presentes nessa solução.

Para esse projeto, devem ser definidos alguns parâmetros que são essenciais para se especificarem os requisitos que devem ser atendidos por esse novo projeto:

- Fazer um levantamento do volume de produção esperado e de como estão distribuídos os lotes que compõem a produção.
- Coletar dados sobre a variedade de peças que será fabricada e sobre como está prevista a rota de fabricação de cada uma delas.
- Coletar dados sobre os recursos disponíveis:
 - A respeito das máquinas que serão utilizadas para processamento.
 - A respeito dos dispositivos que serão utilizados para o transporte de itens entre estações de trabalho e entre células diferentes. Inclui-se nesta análise a questão de recursos que serão usados para efetuar a manipulação dos itens em cada estação de trabalho para que seja prevista a necessidade de operadores humanos, se for o caso.
- Coletar dados sobre o espaço disponível.

Esses requisitos serão a base para o planejamento do novo sistema celular.

Por fim, existe a questão de como proceder para a formação dos agrupamentos de peças. Nesse sentido, a base será a aplicação de tecnologia de grupo para a formação de famílias de peças. Existem vários métodos que podem ser aplicados para realizar esse agrupamento. Para o caso de uma indústria de autopeças, espera-se uma variedade de peças a serem fabricadas, e será fundamental analisar os dados de manufatura a fim de identificar as similaridades associadas à rota de produção. O método indicado para essa situação é o de análise do fluxo de produção. Para utilizar esse método, será necessário organizar a matriz de incidência peça-máquina, que é capaz de representar todas as peças a serem fabricadas e as máquinas utilizadas para sua fabricação.

Uma vez desenvolvida a matriz peça-máquina, podemos aplicar o algoritmo de ROC para segmentar o sistema produtivo em células em virtude de sua praticidade. Além disso, caso a solução atingida não corresponda ao cenário ideal em que as células são mutuamente excludentes, existem alternativas que podem envolver a duplicação de máquinas, a revisão de processos de fabricação das peças e até a decisão de adquirir a peça pronta a partir de um fornecedor externo.

Uma vez definidos os agrupamentos, podemos utilizar o método de Hollier para obtermos a distribuição lógica das máquinas que seja mais

adequada. Para isso, utiliza-se o diagrama “De/Para” como ferramenta básica, de fácil aplicação.

Dessa forma, fica estabelecido como deve ser desenvolvido o planejamento para a concepção de um sistema de manufatura celular em que se torna viável introduzir soluções de automação e garantir flexibilidade ao sistema produtivo resultante.

Avançando na prática

Planejamento de um arranjo celular para uma fábrica recentemente inaugurada

Descrição da situação-problema

Uma fábrica recém-inaugurada passou por um momento delicado durante a crise financeira do último período e precisa rever seu layout para melhorar a produtividade. O gestor responsável pelo projeto de modernização chegou à conclusão de que deve utilizar um arranjo celular como solução mais adequada. Para poder organizar as células, seu cliente exige que seja aplicado um método formal. Existem peças de geometrias diferentes e outras que apresentam similaridades geométricas. Baseado nisso, o gestor decidiu aplicar inspeção visual.

A empresa foi inaugurada há 18 meses e todos os funcionários foram contratados nesse período de inauguração. Seu cliente está desapontado com a solução proposta e exige uma revisão. Ele alega que seus funcionários não têm experiência suficiente para tomar essa decisão baseando-se em um processo de inspeção visual. Como o gestor pode convencer o seu cliente a respeito da adequação de sua proposta? O gestor está equivocado? Existe uma alternativa melhor?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, o gestor precisa entender que o seu cliente deseja a aplicação de um método mais seguro para a definição do arranjo celular, a fim de evitar o risco de depender da experiência de seus funcionários que atuam na empresa há menos de dois anos.

Realmente, quando se decide utilizar o método de inspeção visual, é delicado quando não há profissionais experientes para executá-lo. Por outro lado, uma simples visualização das características geométricas nem sempre é o suficiente. Existe a opção de utilizar a técnica de análise do fluxo

de produção, que tem a versatilidade de lidar com algoritmos que podem auxiliar no processo de agrupar as peças em famílias baseadas na questão de similaridades de manufatura. O algoritmo como ROC pode auxiliar fortemente nesse processo de identificação das famílias de peças que podem existir no novo arranjo físico, considerando a similaridade dos processos de fabricação, diminuindo diretamente o tempo de fluxo de materiais. Por sua vez, para a definição de como deve ser a sequência lógica de disposição das máquinas, o método de Hollier pode ser aplicado, também utilizando o conceito de diagrama “De/Para”, que sistematiza o processo a partir de dados a serem levantados a respeito do fluxo de materiais entre máquinas.

Dessa forma, o cliente tem razão quando questiona se o método mais simples de inspeção visual é o melhor. Por sua vez, o gestor pode apresentar a proposta de uso da técnica de análise do fluxo de produção com algoritmos como ROC mais o método Hollier.

Faça valer a pena

1. Para o projeto de um arranjo físico celular, existe um conjunto básico de diretrizes que devem ser contempladas. Nesse contexto, preencha as lacunas do texto a seguir: Torna-se vital considerar a minimização dos _____ de processamento para que as peças possam ser produzidas com maior eficiência. Outros aspectos importantes são a redução dos estoques _____ e _____ da programação da produção por meio do uso de células _____.

Assinale a alternativa correspondente ao preenchimento correto das lacunas:

- a) Tempos; intermediários; simplificação; flexíveis.
- b) Tempos; intermediários; otimização; flexíveis.
- c) Recursos; finais; simplificação; flexíveis.
- d) Tempos; finais; simplificação; flexíveis.
- e) Recursos; intermediários; simplificação; flexíveis.

2. Há diferentes métodos para se realizar o agrupamento de famílias de peças. Vamos considerar um algoritmo que é de fácil interpretação e que se baseia na técnica de agrupamento por ordem de classificação, conhecido como ROC (Rank Order Clustering – Clasterização por Ordem de Ranqueamento).

Nesse contexto apresentado, assinale a alternativa correta:

- a) Esse algoritmo se baseia no método de inspeção visual para minimizar o custo de implantação.
- b) Esse algoritmo se baseia no método de classificação e codificação de peças que foi implantado via software.

- c) Esse algoritmo se baseia no método de análise do fluxo de produção e, por esse motivo, utiliza como base a matriz de incidência peça-máquina.
- d) O algoritmo ROC utiliza o diagrama “De/Para” para realizar uma análise quantitativa do cenário produtivo.
- e) O ponto fraco desse algoritmo é que não se baseia no princípio de tecnologia de grupo.

3. De acordo com o método de análise do fluxo de produção, as peças são analisadas conforme o fluxo de produção inerente a cada uma delas. Nesse contexto, faça uma avaliação das seguintes afirmações que um gestor de projetos realizou a esse respeito:

- I. As peças com fluxos similares são agrupadas na mesma família para que os tempos de produção possam ser otimizados graças à flexibilidade operacional das máquinas.
- II. Esse método utiliza as informações de manufatura. Sem essas informações, não poderiam ser definidas as rotas de produção para otimizar os processos produtivos.
- III. Esse método considera dados de projeto, essenciais para que as necessidades do perfil do cliente sejam contempladas.

De acordo com a sua avaliação, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmação I está correta.
- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) Somente a afirmação III está correta.
- d) Somente as afirmações I e II estão corretas.
- e) Somente as afirmações II e III estão corretas.

Fábrica digital

Diálogo aberto

O conceito de *fábrica digital* é intuitivo e já é praticado há mais de duas décadas. Entretanto, para podermos usufruir positivamente desse conceito, precisamos compreender o seu significado e sua aplicação como uma ferramenta para o desenvolvimento de projetos de sistemas produtivos. Trata-se de uma ferramenta porque a sua essência consiste em organizar a aplicação de diferentes ambientes de programação voltados para o projeto e operação de sistemas produtivos.

Retomando a situação apresentada na unidade, você orientou positivamente seu cliente a respeito de como organizar um arranjo físico celular. O próximo passo que seu cliente deseja dar é na direção de utilizar ferramentas computacionais para o apoio à produção industrial, ou seja, ele sabe que há uma série de desafios que precisam ser enfrentados e depende de sua ajuda profissional para consegui-lo. O fato crítico é que, em um mercado em que se convive com elevado nível de competitividade, é fundamental que seja possível reduzir o tempo de desenvolvimento de novos produtos. Nesse contexto, seu cliente enfrenta os seguintes problemas:

- Como poderiam ser utilizados recursos computacionais para agilizar o processo de projeto de novos produtos?
- Quais aplicativos poderiam ser utilizados para gerar um novo ambiente de gestão da produção na empresa?

Faça uma apresentação de modo a identificar a solução desses problemas para o seu cliente.

A fim de se capacitar para a solução desse desafio, nesta seção você verá o conceito de fábrica digital e como esse conceito está relacionado com o uso de aplicativos para sistemas produtivos. Na sequência, você aprenderá quais são as principais características da fábrica digital e como funciona a questão de integração de processos, mais recursos e operadores em uma instalação de fábrica. Por fim, você conhecerá exemplos de softwares voltados para fábrica digital.

Dessa forma, você dará mais um passo no sentido de dominar os requisitos para aplicação dos conceitos envolvendo fábrica digital.

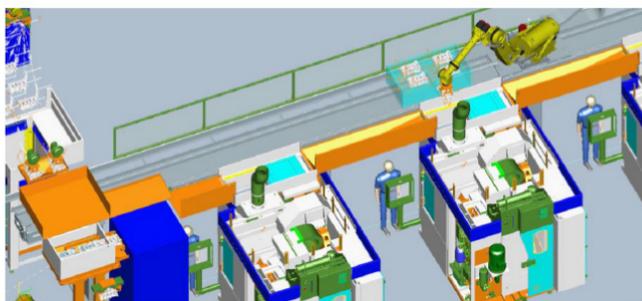
Bons estudos!

Conceito de fábrica digital

De modo geral, o conceito básico de fábrica digital está associado ao fato de se utilizarem recursos computacionais para a criação da realidade virtual dos sistemas produtivos. O objetivo da criação de modelos virtuais está associado à questão de se utilizar o recurso da simulação para prever o comportamento do sistema produtivo. Assim, pode-se intervir de modo a alcançar elevados níveis de eficiência, possibilitando uma evolução no futuro para um modelo de gestão em que a fábrica virtual se comunique com a fábrica real e que seja utilizado como referencial para detecção de qualquer anomalia no sistema produtivo, a ser corrigida automaticamente (IPK, 2017).

De acordo com Vidal *et al.* (2009), o conceito de fábrica digital está associado a uma ferramenta que faz uso de uma variedade de softwares que colaboram para o desenvolvimento de projetos em engenharia de produção (Figura 4.7).

Figura 4.7 | Exemplo de uso de recursos computacionais em sistemas produtivos



Fonte: Santos e Barbosa (2015, p. 533).

Esses projetos envolvem desde questões associadas ao produto e sua manufatura até a definição do layout que seja mais adequado para a fábrica envolvida em sua produção.



Assimile

No contexto de fábrica digital, os softwares envolvidos auxiliam nas seguintes dimensões:

- Desenho do produto: utilizando recursos para representar a geometria das peças, é possível identificar quais são as vantagens de uma solução comparada a outras, para otimizar a fabricação e reduzir o custo e a geração de resíduos.

- Desenho do processo de fabricação: definição da melhor sequência de fabricação para minimizar a movimentação e buscar padronizar os processos a fim de otimizar a qualidade e garantir repetibilidade.
- Definição do layout e uso dos recursos: definição do melhor arranjo físico para otimizar os processos de transporte e movimentação, e também otimizar as rotas de produção utilizando recursos com flexibilidade operacional e viabilizando o desenvolvimento de sistemas celulares de manufatura.
- Garantia de segurança no trabalho: também é possível estudar os aspectos ergonômicos envolvidos nos postos de trabalho para que as atividades sejam realizadas conforme a legislação em vigor, garantindo qualidade de vida aos operadores humanos.
- Viabilização da automação: avaliação do impacto de diferentes soluções de automação que podem ser implantadas em um sistema produtivo. Dessa forma, é possível, inclusive, obter um referencial em termos de investimento e tempo de retorno de cada solução de automação que se possa implantar.
- Projeto voltado para reutilização: as boas práticas experimentadas geram informações que são armazenadas na forma de dados que podem ser aplicados para o desenvolvimento de novos projetos, otimizando o ciclo de vida para o desenvolvimento desses projetos, o que garante maior competitividade.

Essas são as dimensões básicas envolvidas com a aplicação da ferramenta fábrica digital.

Portanto, podemos afirmar que fábrica digital é uma ferramenta que utiliza um conjunto de recursos computacionais, que constituem ambientes de programação, para gerar modelos virtuais fidedignos que representam os sistemas produtivos reais e, além disso, seus produtos fabricados. Esse é o conceito fundamental de fábrica digital que tem sido praticado de forma mais enfática nas últimas duas décadas nas indústrias de manufatura, principalmente naquelas voltadas para o setor automobilístico.

Características da fábrica digital

Observe que trazer os benefícios da fábrica digital para a manufatura significa que haverá recursos para se visualizar o chão de fábrica em operação. Dessa forma, a fase necessária para que o produto seja gerado será abreviada, pois será possível aprimorar o controle de operação das máquinas na planta que provocará maior produtividade, reduzindo custos. Portanto, a fábrica digital faz surgir o conceito de *manufatura digital*, em

que está presente um conjunto de ferramentas computacionais que permitem (CARLI; DELAMARO, 2007):

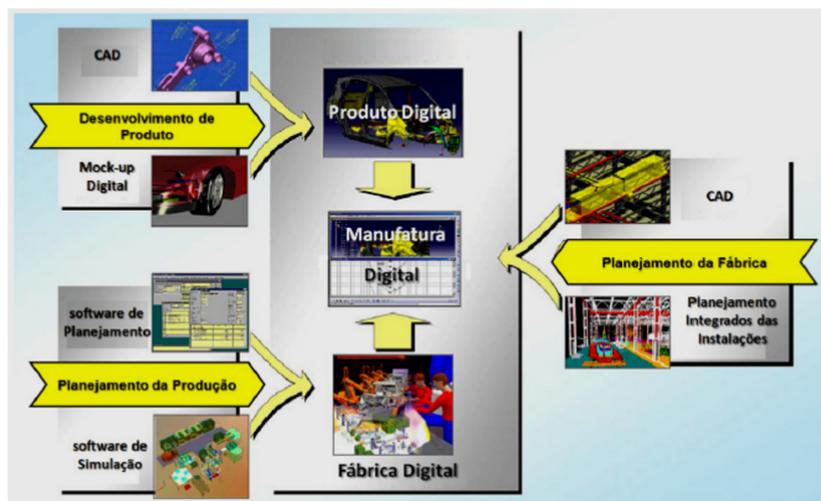
- Simular os arranjos físicos.
- Simular o controle operacional de máquinas.
- Simular a interação entre os operadores e as estações de trabalho.
- Conectar o projeto do produto com a programação da produção, considerando o projeto da manufatura.

Portanto, para que haja uma integração eficiente em um sistema produtivo, é fundamental unificar três grandes domínios de informação:

- Informações do produto: com o uso de ferramentas de CAD (Computer Aided Design – Desenho Auxiliado por Computador), somando-se ao uso de recursos de *mock-up* digital, torna-se possível desenvolver modelos de produtos digitais que serão fabricados. Com isso, teremos a oportunidade de desenvolver bibliotecas de produtos que poderão ser reutilizados.
- Descrição do processo de fabricação: com as informações via CAD, é possível integrar os programas de usinagem automaticamente (CAM – Computer Aided Manufacturing – Manufatura Auxiliada por Computador) utilizando sistemas integrados CAD/CAM para a fabricação das peças desenhadas, quando se utilizam máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado).
- Informações das instalações e dos recursos disponíveis na fábrica: observando os recursos disponíveis e as demandas de fabricação necessárias, será possível planejar e controlar a produção para que as máquinas sejam utilizadas com o menor tempo de ociosidade possível, utilizando sistemas ERP (Enterprise Resource Planning – Sistema de Gestão de Recursos). Para isso, estarão disponíveis programas de simulação da produção, principalmente para avaliar a existência de gargalos, ou seja, máquinas que estejam com baixa produtividade, limitando a produção. Além disso, será possível avaliar também se o sistema pode entrar em um estado de bloqueio (*deadlock*), em que o fluxo de peças é paralisado, interrompendo a produção. Esses estados podem ser identificados e evitados por meio de regras de controle do fluxo de materiais (peças, matéria-prima e ferramentas) que ocorrem no sistema produtivo.

Essas características é que identificam o conceito de fábrica digital, conforme ilustra a Figura 4.8.

Figura 4.8 | Características de integração de informações presentes na fábrica digital



Fonte: Silva (2013, p. 20).

É importante observar que as características de vinculação da fábrica digital com o chão de fábrica provocam um alinhamento entre as informações que chegam por meio do CAD para definir aquilo que deve ser feito, ou seja, descrição do produto. A manufatura digital vem estabelecer o procedimento a respeito de como será a fabricação, de acordo com as especificações do produto, e essas informações serão a ponte de conexão com o ERP que determinará a alocação dos recursos para definir quando a produção será efetuada (CARLI; DELAMARO, 2007; SILVA, 2013).



Refleta

Um gestor de inovação tecnológica precisa propor uma solução para melhoria de uma empresa que fabrica cosméticos. Seu cliente deseja implantar o conceito de fábrica digital. Que informações do setor produtivo precisarão ser acessadas para dar suporte a esse novo conceito? Em que contextos será necessário desenvolver suporte para a realização de simulações para análise do sistema produtivo?

Integração de processos e instalações – fábrica digital

Uma característica marcante na fábrica digital é a utilização do conceito de simulação como ferramenta de análise de modelos computacionais. Por exemplo, esse conceito é tradicionalmente aplicado de forma intensa na cadeia produtiva relacionada à fabricação de veículos automotivos (VIDAL

et al., 2009; SANTOS; BARBOSA, 2015). Aplicando-se a fábrica digital como ferramenta de gestão, o processo de manufatura assume a forma de manufatura digital quando o alvo passa a ser simular o processo de fabricação para que se possa estimar o comportamento dinâmico que o sistema produtivo apresentará quando estiver em operação conforme planejado (SANTOS; BARBOSA, 2015).

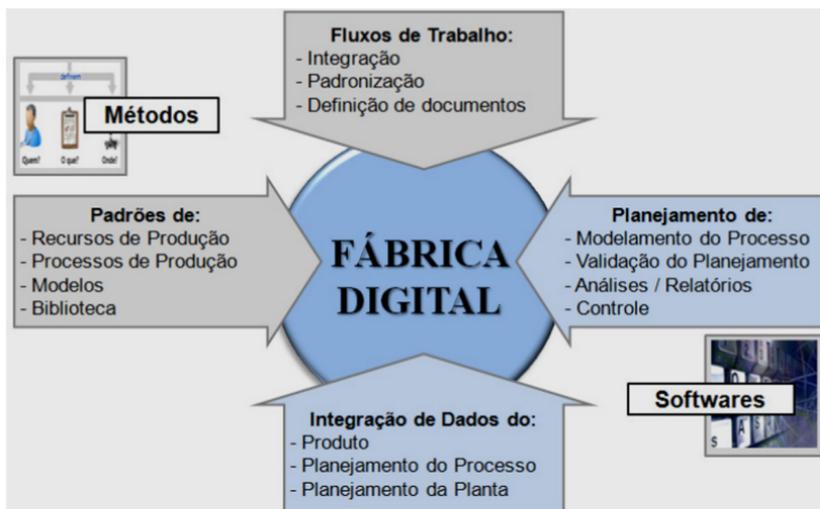
De acordo com Silva (2013), para que seja possível estabelecer esse fluxo de informações compatíveis com a prática do conceito de fábrica digital em um sistema produtivo, são necessários determinados pré-requisitos. O ponto-chave é a utilização de protocolos para padronização do banco de dados e dos processos executados no sistema produtivo a fim de promover a integração de todas as áreas envolvidas. Sem essa padronização, é impossível reutilizar e compartilhar, ou seja, deve-se ter em mente que as informações podem ser compartilhadas globalmente com outros sistemas produtivos para que haja êxito em cadeias produtivas globalizadas. Portanto, antes de pensar em simulação, é necessário definir um protocolo que padronize a organização do sistema produtivo. O grande desafio está em como implantar esse conceito em uma organização. Basicamente, há dois grandes domínios de atuação (SILVA, 2013):

- **Métodos:** consiste em estabelecer procedimentos básicos e sistemáticos para mudar a cultura da empresa. Em termos de atividades, necessita-se definir fluxos de trabalho voltados para gerar uma visão integrada em que a padronização por meio da definição de protocolos básicos precisa ser planejada, e todas as decisões e normas estabelecidas só subsistirão se houver um processo de documentação bem definido. Os objetos que devem ser contemplados para o estabelecimento de padrões são os processos de produção para que todos possam expressar a lógica e o sequenciamento das atividades a serem realizadas, utilizando os recursos disponíveis. Por sua vez, esses recursos devem ser representados por modelos também padronizados para que bibliotecas possam ser geradas.
- **Softwares:** as atividades previstas nos métodos precisam de suporte de recursos computacionais para que possam ser realizadas com eficiência. Portanto, é fundamental a existência de um *framework*, ou seja, um conjunto de programas que possa ser utilizado para modelar os processos produtivos. A partir dessa modelagem, será possível aplicar procedimentos de simulação por computador para realizar verificações e observar se o comportamento do sistema produtivo está de acordo com o desejado. Observe que essas análises precisam gerar relatórios a fim de garantir o controle das decisões tomadas

para aprimoramento contínuo dos processos no sistema produtivo. Quando se realizam esses modelos em programas apropriados, deve-se ter em mente a integração de modelos, ou seja, os modelos adotados para os recursos precisam se comunicar com os modelos adotados para os processos de fabricação de modo que esses recursos sejam devidamente alocados nos modelos de controle da produção para execução da fabricação em chão de fábrica.

A Figura 4.9 reúne esses vários elementos para facilitar a compreensão de como as informações encontram-se integradas em uma fábrica digital.

Figura 4.9 | Requisitos para integração da fábrica digital



Fonte: Silva (2013, p. 14).



Exemplificando

Ações do gestor para implantar uma fábrica digital

Estão esclarecidos os pré-requisitos e como proceder para implantar a fábrica digital em termos de métodos que devem ser praticados e o suporte que deve ser oferecido por recursos computacionais adequados. Para exemplificar, suponha que um gestor esteja responsável pela implantação do conceito de fábrica digital em uma empresa. Ele pode aplicar uma sistemática baseada em dois contextos diferentes a fim de poder agir:

- Fase 1: inicialmente, é necessário capacitar os colaboradores sobre a importância de se gerar uma base de dados consistente que se comunique com todos os aplicativos que dão suporte

para as atividades de desenvolvimento do modelo virtual da empresa. Isso deverá estar associado à definição de um protocolo sobre como os processos devem ser modelados de modo que todos os colaboradores possam compartilhar modelos e sugestões e todos **utilizem o mesmo formalismo** sem causar gaps de entendimento, o que exigiria conversão de modelos que apresentem incompatibilidades. Por fim é necessário gerar compromisso entre os colaboradores a fim de motivá-los a cooperar para o sucesso da nova cultura na empresa.

- Fase 2: feito isso, agora há uma situação propícia para que a implantação seja realizada com êxito e para que se desenvolva um conjunto de métodos que considere como base as informações do produto para conectar com o projeto de manufatura e controle da produção, e a definição do ambiente de programação adequado às necessidades da empresa para dar suporte aos diferentes contextos de simulação e análise que forem necessários.

Softwares empregados na fábrica digital

Existem vários fornecedores de software para fábrica digital e é necessário analisar em detalhes a proposta de cada fornecedor. A Dassault Systèmes S.A. é reconhecida mundialmente por ser líder na área de desenvolvimento de soluções de software para CAD, além de simulação envolvendo prototipagem, e atua fortemente na linha de soluções para gerenciamento do ciclo de vida de produtos, conhecido como PLM (Product Lifecycle Management) (DASSAULT..., [s.d.]). Existem concorrentes como a PTC, Siemens e Autodesk. A PTC está associada à Rockwell Automation e atua nas áreas de realidade aumentada, IoT (Internet das Coisas), CAD e PLM para promover a integração entre os mundos virtual e físico (PTC, [s.d.]). A Siemens também tem vários produtos nessa área, destacando-se o software Tecnomatix para manufatura digital, para realização de projetos de novos produtos utilizando recursos de transformação digital. Além disso, oferece recursos para comunicação e sincronização da engenharia de produto, manufatura e produção (SIEMENS PLM, [s.d.]). A Autodesk oferece o Factory Design Utilities, que é de grande versatilidade para a criação de layouts e que permite a criação de bibliotecas de recursos de um sistema produtivo (FACTORY..., [s.d.]).



Pesquise mais

A evolução do conceito de fábrica digital tem sido exponencial no sentido de agregar novas funcionalidades a esse contexto. Um exemplo pode ser visto no artigo de inovação tecnológica indicado a seguir, que aborda a questão da criação de “gêmeos virtuais”.

Com o estudo do conteúdo apresentado, você deu mais um importante passo para conhecer, compreender e saber aplicar os fundamentos das fábricas flexíveis que se destacam no mercado.

Sem medo de errar

Você dedicou-se e apresentou resultados positivos a seu cliente sobre como organizar um arranjo físico celular para um sistema produtivo. A próxima tarefa que seu cliente precisa realizar é no contexto de utilizar ferramentas computacionais para o apoio à produção industrial, ou seja, ele sabe que há uma série de desafios a serem enfrentados e depende de sua ajuda profissional para orientá-lo a respeito de novos conceitos e tecnologias a fim de garantir a competitividade de seu negócio. O ponto crítico é que, em um mercado em que se convive com elevado nível de concorrência, é fundamental poder reduzir o tempo de desenvolvimento de novos produtos. Nesse contexto, seu cliente precisa de um direcionamento para organizar-se quanto à solução dos seguintes problemas:

- Definição de procedimentos para poder utilizar recursos computacionais a fim de agilizar o processo de desenvolvimento do projeto de novos produtos.
- Definição de classes de aplicativos que precisam estar presentes para gerar um novo ambiente de gestão da produção na empresa.

Faça uma apresentação para identificar a solução desses problemas para o seu cliente.

Esboço da apresentação

Para agilizar o desenvolvimento de novos produtos, é necessário integrar os aspectos associados ao produto, à sua manufatura e à definição do layout que for mais adequado para realizar a sua produção. Com o intuito de atender a esses requisitos, uma solução é implantar o conceito de fábrica digital como meio ou ferramenta para se obter o resultado desejado.

Quanto à definição dos procedimentos para implantar a fábrica digital, é necessário:

- Primeiramente, capacitar os funcionários a respeito da nova cultura. Isso envolve as seguintes etapas:

- Geração de compromisso entre os funcionários para motivá-los a cooperar para o sucesso da nova cultura na empresa, mostrando como cada um poderá ser capacitado e desenvolver um novo potencial de atuação profissional.
 - Definição de uma base de dados capaz de se comunicar com todos os aplicativos que dão suporte para as atividades de desenvolvimento do modelo virtual da empresa, de tal forma que os dados se tornem consistentes para todos os softwares.
 - Definição de um protocolo ou técnica de modelagem a respeito de como os processos devem ser descritos para que todos os funcionários possam compartilhar modelos e terem o mesmo entendimento sobre os processos que são representados.
- Após realizar esse trabalho com a equipe, a próxima etapa consiste em definir métodos para:
 - Documentação dos modelos e decisões tomadas.
 - Descrição dos processos de produção para que todos possam expressar a lógica e o sequenciamento das atividades que devem ser realizadas, prevenindo a utilização dos recursos disponíveis.
 - Os recursos devem ser representados por modelos também padronizados para que bibliotecas possam ser geradas.
 - Definidos os métodos, a etapa seguinte baseia-se na seleção de softwares que possam ser utilizados como ferramentas para auxiliar na realização dos métodos que foram planejados. Por exemplo, para a documentação, será necessário definir um pacote de software adequado para isso e que possa ser salvo no Banco de Dados.

Quanto à definição de classes de aplicativos que devem estar presentes para gerar esse novo ambiente de gestão da produção na empresa, existem três domínios de informação diferentes que se complementam:

- Ferramentas de CAD para geração dos modelos digitais dos produtos.
- Para a geração dos programas de fabricação das peças, isso pode ser feito automaticamente, quando se opta por sistemas CAD/CAM, por exemplo, e se utilizam máquinas CNC.
- Plataforma para geração das informações de controle da produção a fim de determinar quando os processos de fabricação devem ser realizados, conforme a demanda e os pedidos efetuados pelos clientes (sistemas ERP).

Dessa forma, fica definido um novo modelo de gestão baseado em

fábrica digital que utiliza ferramentas de software para agilizar a avaliação do comportamento de um sistema produtivo de forma antecipativa, mediante a necessidade de projeto de fabricação de novos produtos.

Avançando na prática

Digitalização de processos em um sistema empresarial

Descrição da situação-problema

Uma empresa de produtos alimentícios utilizava máquinas obsoletas em sua linha de produção, o que limitava a sua produtividade e provocava problemas no processo final de embalagem, causando desperdício na produção. Por esse motivo, a empresa passou por um procedimento de automação para tornar os seus processos de fabricação mais eficientes. Houve um grande investimento em máquinas flexíveis para se adaptarem à fabricação de novos produtos. Entretanto, ainda que o chão de fábrica tenha sido modernizado com novas máquinas, isso não aconteceu com o restante da estrutura da empresa. Para rever essa questão, foi necessário contratar os serviços de um gestor de inovação tecnológica com o intuito de utilizar o potencial do chão de fábrica de fabricar novas linhas de produtos. Supondo que você seja esse profissional: quais diretrizes você daria para o seu cliente?

Resolução da situação-problema

A questão que precisa ser solucionada é a seguinte: houve automação no sentido de modernização dos recursos de transformação diretamente em contato com os processos de fabricação.

Se forem considerados os níveis de comunicação que podem ser aprimorados, será observado que a flexibilidade operacional das novas máquinas pode ser comunicada ao sistema ERP para que essas máquinas possam ser alocadas para diferentes processos de fabricação de diferentes produtos.

De um lado, há as ferramentas CAD que podem ser aproveitadas no desenho de novos produtos junto às novas máquinas e, de outro, há o ERP, que permite a programação de diferentes rotas de fabricação.

A conexão entre essas duas partes pode ser realizada via implantação do conceito de fábrica digital que se inicia pela especificação de uma estrutura de banco de dados para integrar as diferentes partes da empresa e manter a consistência. Na sequência, deve-se aplicar o conceito de manufatura digital

atrelado à fábrica digital para estabelecer o procedimento a respeito de como será a fabricação, de acordo com as especificações do produto, e essas informações serão a ponte de conexão com o ERP.

O resultado será a implantação de uma nova plataforma de gestão empresarial.

Faça valer a pena

1. Preencha as lacunas do texto a seguir, que faz uma reflexão sobre as características da fábrica digital:

A fábrica digital faz surgir o conceito de _____ digital, em que está presente um conjunto de ferramentas computacionais que permitem:

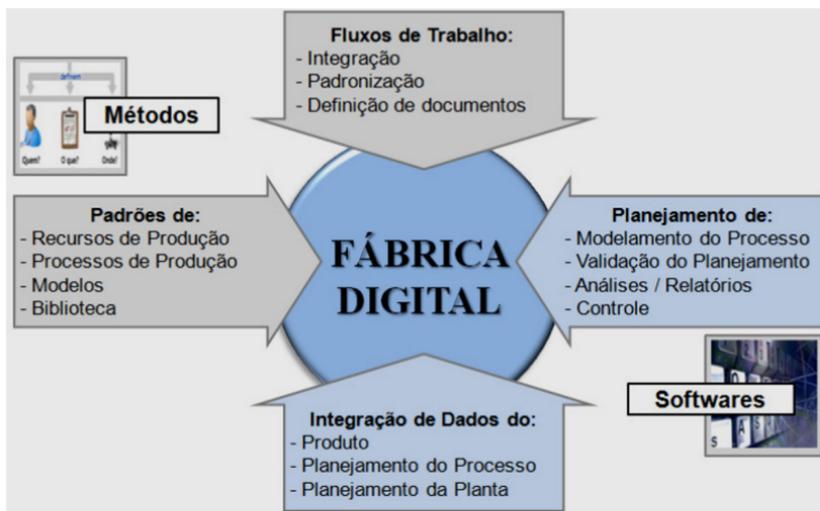
- Simular os _____.
- Simular o controle operacional de máquinas.
- Simular a interação entre os _____ e as estações de trabalho.
- Conectar o projeto do produto com a _____ da produção, considerando o projeto da manufatura.

Assinale a alternativa correta.

- a) computação; layouts; operadores; intervenção.
- b) manufatura; layouts; operadores; intervenção.
- c) manufatura; layouts; operadores; programação.
- d) computação; vendedores; operadores; programação.
- e) manufatura; layouts; vendedores; programação.

2. Observe a Figura 4.9 a seguir. Nesta ilustração, é possível observar uma série de informações sobre fábrica digital e a forma como devem ser definidos os métodos e selecionados os softwares para a resolução de problemas dentro desse novo conceito.

Figura 4.9 | Requisitos para integração da fábrica digital



Fonte: Silva (2013, p. 14).

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta.

- Uma vez escolhidos os softwares de ponta disponíveis no mercado, deve-se definir o fluxo de trabalho.
- Os métodos indicarão quais são os softwares necessários.
- De acordo com a figura, integração de dados é um método delicado de ser implantado.
- Os padrões resultarão do planejamento via software.
- Os métodos são um suporte para os recursos computacionais.

3. Sobre a questão de definição de métodos para implantação da fábrica digital, avalie as seguintes afirmações:

- Consiste em estabelecer procedimentos básicos e sistemáticos para mudar a cultura da empresa.
- Os processos de produção devem ser contemplados para o estabelecimento de padrões.
- Os recursos não devem ser representados por modelos padronizados para que seja permitido modernizar o chão de fábrica.

De acordo com a sua avaliação, assinale a alternativa correta.

- Somente a afirmação I está correta.
- Somente a afirmação II está correta.
- Somente a afirmação III está correta.
- Somente as afirmações I e III estão corretas.
- Somente as afirmações I e II estão corretas.

Indústria 4.0

Diálogo aberto

Caro aluno, agora você chegou à reta final para ser um projetista de fábricas em seu exercício profissional.

O avanço tecnológico provoca um grande impacto na questão de projeto de fábricas. Se novas tecnologias não forem consideradas para o projeto de uma nova fábrica, torna-se praticamente impossível garantir a sobrevivência dessa unidade, em virtude da acirrada competitividade existente no mercado.

Depois de ter feito um ótimo relatório técnico a respeito de como proceder para a organização de arranjos físicos baseada no conceito de manufatura celular e ter feito uma apresentação bem estruturada sobre novos modelos de gestão da produção de alta flexibilidade, baseando-se no conceito de fábrica digital, seu cliente deseja concluir essa fase do projeto considerando a seguinte realidade: uma vez que a evolução tecnológica não pode ser desprezada, ele prevê a necessidade de resolver o problema de estruturar uma sistemática para implantar o conceito de *indústria 4.0* em seus negócios. Nesse sentido, ele enfrenta dois problemas cruciais:

- Como tratar a questão de rastreabilidade de produtos a fim de ter mais controle sobre cada unidade que estiver sendo produzida?
- Como melhorar o controle de qualidade do processo de fabricação, considerando essa nova realidade tecnológica?

Seu supervisor solicitou a você que elaborasse um relatório técnico apresentando propostas para o seu cliente a respeito desses dois itens levantados, dentro do contexto de indústria 4.0.

Para enfrentar esse desafio, você verá nesta seção o conceito de indústria 4.0, suas principais características para que você possa projetar fábricas inteligentes e quais são os principais pilares tecnológicos que oferecem sustentação para a implantação desse novo conceito em uma fábrica.

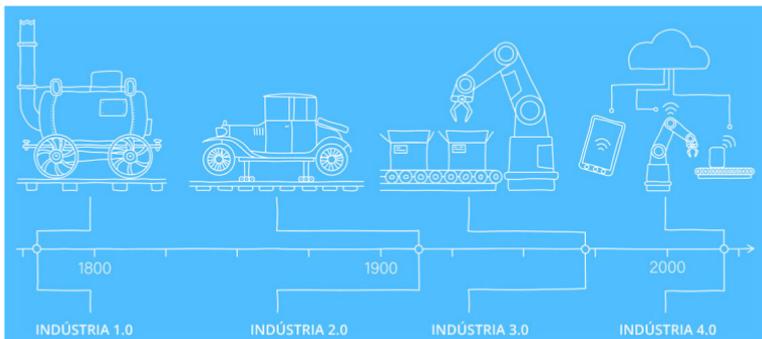
Como resultado, espera-se que você domine a aplicação do conceito de fábrica digital para o projeto de sistemas produtivos inteligentes.

Bons estudos!

Conceito de Indústria 4.0

A Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial (ABDI) estabelece diretrizes para que o Brasil possa viver uma imersão no paradigma associado à indústria 4.0. A Figura 4.10 mostra que houve três Revoluções Industriais importantes no mundo, começando com a criação da máquina a vapor (indústria 1.0, ocorrida entre 1780 e 1830), evoluiu para a mecanização dos processos com o desenvolvimento da fabricação de veículos (indústria 2.0, ocorrida na segunda metade do século XIX) e avançou para a automação dos processos utilizando recursos computacionais e controladores programáveis (indústria 3.0, que teve seu início com o surgimento da internet, por volta de 1960). A nova revolução (indústria 4.0) consiste na utilização de novas tecnologias que agregam autonomia aos recursos utilizados nos sistemas produtivos. Essa autonomia está associada à geração de recursos autônomos, ou seja, esses recursos passam a desempenhar um comportamento baseado em inteligência artificial, de tal forma que são capazes de se comunicarem entre si e tomarem decisões de forma independente, sem necessitarem de interação com operadores humanos (PERIARD, 2018; SATURNO, 2018).

Figura 4.10 | A nova Revolução Industrial – indústria 4.0



Fonte: <https://www.abdi.com.br/sobre>. Acesso em: 4 jan. 2019.



Assimile

A ABDI desenvolveu um projeto denominado Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 (ABDI40, [s.d.]), estabelecendo que a indústria 4.0 deve estar associada à disponibilidade de um conjunto de tecnologias que podem ser integradas e que provoquem a convergência entre o contexto da realidade física, digital e biológica em que vivemos.

Nesse contexto, o conceito de indústria 4.0 está associado ao desenvol-

vimento de um modelo de fábrica capaz de utilizar recursos inteligentes para a fabricação de produtos customizados, utilizando cadeias de suprimentos inteligentes (COELHO, 2016; PERIARD, 2018; SATURNO, 2018).

Uma vez definido o conceito do termo indústria 4.0, é necessário que você entenda como deve proceder para colocar esse conceito em prática. Com o intuito de implantar inteligência em um sistema produtivo, de tal forma que seja interpretado como indústria 4.0, é fundamental utilizar um procedimento básico que contemple algumas características (PERIARD, 2018; SATURNO, 2018):

1. Ter um sistema de comunicação que garanta a interoperabilidade entre as partes do sistema produtivo. Isso envolve tanto a capacidade de comunicação dos operadores humanos com os dispositivos quanto a questão de troca de informações entre os dispositivos físicos de forma independente, ou seja, sem a necessidade de intervenção humana. É importante salientar também que a comunicação deve existir entre os dispositivos de controle e supervisão para que seja estabelecida tanto horizontalmente (entre os dispositivos que atuam em um mesmo ambiente de produção de forma colaborativa), quanto verticalmente (entre dispositivos de controle que atuam de forma hierárquica para que as informações sejam enviadas a outros níveis de controle da produção para integrar os diferentes setores). Os dispositivos podem estar conectados na rede por meio de etiquetas eletrônicas conhecidas por RFID, que significa Radio-Frequency Identification ou Identificação por Radiofrequência (LAMB, 2015). Utilizando esses rótulos eletrônicos, o produto pode ser rastreado:
 - a. Durante o processo de fabricação em seus vários postos de trabalho.
 - b. Durante a fase de embalagem.
 - c. Durante todo o processo de logística para o transporte até o cliente.
 - d. Até a comercialização final do produto, podendo estender-se à questão de assistência inteligente para orientação de manutenção e uso por parte do consumidor.
2. As informações presentes no sistema, e que estão diretamente associadas à tomada de decisão de seus dispositivos, precisam fluir em tempo real para que o controle do sistema produtivo possa ser realizado de forma efetiva. Caso contrário, se as informações chegarem atrasadas, isso poderá comprometer a tomada de decisão que deveria ocorrer em um determinado instante, causando perturbações no comportamento dinâmico esperado para o sistema produtivo.

3. Utilização de recursos computacionais para virtualização da fábrica. Esse recurso é essencial para que os modelos virtuais possam simular em tempo real o comportamento desejado para a planta. Dessa forma, se ocorrer algum desvio entre o comportamento do sistema físico e do modelo virtual, será possível atuar rapidamente e remotamente por meio de recursos de automação apropriados. Com isso torna-se possível aplicarem-se procedimentos para o controle de qualidade quando se associa a rastreabilidade dos produtos com a rastreabilidade virtual dos processos. Os desvios durante os processos de fabricação podem ser identificados rapidamente. Dependendo da técnica de rastreabilidade utilizada (RFID, código de barras etc.), será possível:
 - a. Realizar medições utilizando equipamentos *wireless* (conexão com redes sem fio).
 - b. Transmissão das medições realizadas para identificação de concordância com os padrões de qualidade especificados.
 - c. Controle dos processos de inspeção de forma remota, sendo possível agilizar o controle de qualidade.
4. Os sistemas de controle são descentralizados, ou seja, são distribuídos de tal forma que cada dispositivo tem um sistema de controle local embarcado. Dessa maneira, as máquinas presentes na fábrica são capazes de receber ordens de produção. Entretanto, uma grande vantagem é que conseguem enviar informações sobre a sua capacidade produtiva e sobre a sua disponibilidade de modo a serem utilizadas da melhor maneira possível, aprimorando os níveis de produtividade.
5. Utilização de arquitetura de software baseada em *web services* – um recurso de software que permite desenvolver métodos orientados a serviços, considerando um sistema como um conjunto de serviços que pode ser algo simples, como uma ação, ou complexo, como um conjunto de operações, constituindo processos que fazem parte de um sistema produtivo (PRESSMAN, 2016).
6. Aplicação do conceito de modularização. Há uma evolução nos recursos utilizados em chão de fábrica, para que cada um deles possa ser interpretado como um sistema modular de produção. Esses módulos podem ser programados para executarem um determinado processo, que realiza uma determinada funcionalidade, sendo capaz de envolver um conjunto de operações. Nesse contexto, essas unidades flexíveis podem ser programadas para fazerem parte dos processos de fabricação dos produtos a serem produzidos, conforme o planejamento de produção que estiver em execução.



Exemplificando

Suponha que você esteja modernizando uma fábrica de veículos automotivos utilizando o conceito de indústria 4.0. Por exemplo, o projeto de central multimídia deve seguir algumas especificações básicas, que envolvem ter:

- Conectividade com sistemas AppleCar e Android.
- Acessibilidade a sistemas de navegação para otimizar percursos.
- Acesso ao computador de bordo para configurações de diferentes parâmetros, incluindo a possibilidade de controle de sistemas para navegação autônoma do veículo.
- Conexão com aplicativos para envio de informações, como quilometragem atual, tempo e quilometragem percorridos no último trajeto, média de consumo etc.

Deve-se prever a conexão dos dados do veículo com aplicativos que podem ser instalados em sistemas de telefonia móvel para que o usuário possa ser conectado a outros serviços que o fabricante disponibiliza, como controle de manutenção para as revisões, ofertas de serviços adicionais etc.

Portanto, quando você for desenvolver o projeto de uma fábrica inteligente baseada no conceito de indústria 4.0, você deve considerar a presença dessas características em seu projeto.



Refleta

Existe uma série de características que identificam soluções voltadas para a indústria 4.0 para o projeto de fábricas inteligentes, como sistemas de comunicação para garantir a interoperabilidade entre seus componentes.

Que tipo de tecnologia você indicaria para efetivar essa rede de comunicação entre os elementos de uma fábrica inteligente de tal forma que permitisse a colaboração entre os dispositivos e também o envio e recebimento de informações de sistemas de controle de nível hierárquico superior?

Pilares da indústria 4.0

De acordo com Coelho (2016), o maior impacto causado pela indústria 4.0 é a necessidade de mudanças com relação à forma como a empresa está acostumada a pensar e agir para realizar os seus negócios. Todos os processos precisam ser revistos de tal forma que a conexão com a área de marketing

é necessária a fim de prever inovações nos produtos, o que, por sua vez, deve possibilitar a gestão do restante do sistema produtivo para realizar as mudanças necessárias. Esse novo modelo de negócios promoverá:

- Acesso a informações sobre os produtos baseado nas experiências emitidas pelo mercado consumidor.
- Possibilidade de customização de acordo com a necessidade de cada perfil de cliente.
- Capacidade de inclusão de recursos inteligentes nos produtos para que possam agregar valor para o cliente.
- Conversão dos modelos convencionais para modelos digitais de tudo o que acontece antes, durante e após a realização dos processos industriais.

Retomando a definição de indústria 4.0, você deve observar que para a integração das realidades física, digital e biológica é necessário contar com um conjunto mínimo de tecnologias, conforme apresentado na Figura 4.11 (ABDI40, [s.d.]). Esses cinco elementos podem ser denominados pilares da indústria 4.0.

Figura 4.11 | As tecnologias fundamentais associadas à indústria 4.0



Fonte: <http://www.industria40.gov.br/>. Acesso em: 13 mar. 2019.

O primeiro pilar é o de Manufatura Aditiva (LAMB, 2015). Basicamente, consiste em utilizar modelos de sólidos construídos computacionalmente para a sintetização de objetos físicos sólidos a partir deles. A impressora 3-D é bastante conhecida e se baseia exatamente nesse conceito.

No passado, praticaram-se exaustivamente processos de usinagem que consistiam em subtrair material, a partir de um bloco de matéria-prima. Esses processos poderiam ser executados por tornos, fresas e até furadeiras, entre outras.

Com o avanço tecnológico atual, é possível utilizar técnicas de adição de materiais que se constitui no princípio da manufatura aditiva. O processo é

realizado de forma progressiva, ou seja, camadas sucessivas de materiais são adicionadas para se constituir o objeto sólido desejado, conforme o modelo sólido que foi gerado anteriormente. O material utilizado pode ser polímero ou metal e se trata de uma tecnologia em ampla expansão que já é utilizada com intensidade para a prototipagem rápida de objetos.

Outro alicerce é o de Inteligência Artificial. De acordo com Pressman (2016), são softwares desenvolvidos para a solução de problemas complexos que não podem ser tratados de forma direta utilizando dados numéricos computáveis. Os algoritmos não numéricos utilizam técnicas como redes neurais, por exemplo, para que seja possível obter novas informações para a tomada de decisão em fábricas inteligentes.

Há também o alicerce Biologia Sintética, que se baseia no uso de recursos computacionais, envolvendo engenharia da computação, para a manipulação de dados e geração de novos modelos genéticos e células que são capazes de criar organismos geneticamente modificados (CIB, 2016).

Além dessas tecnologias, há ainda os Sistemas Ciber-físicos e IoT (Internet of Things ou Internet das Coisas) com a evolução para IoS (Internet of Services ou Internet de Serviços).

CPS – Sistemas Ciber-físicos, IoT – Internet das Coisas e IoS – Internet de Serviços

O conceito de IoT foi alavancado por meio do desenvolvimento de dispositivos de identificação do tipo RFID, que permitiram o desenvolvimento de sensores que podem receber e enviar dados utilizando sistemas de comunicação baseados em redes sem fio. Utilizando esses rótulos eletrônicos, foi possível conectar dispositivos na internet de tal forma que, para 2020, é esperado que o número de máquinas conectadas na rede supere em cerca de sete vezes o número de humanos conectados.

Se em um primeiro momento o objetivo foi integrar dispositivos na rede, a partir do momento em que informações cada vez mais complexas puderam ser trocadas com esses dispositivos, o perfil dos negócios começou a se modificar. Em vez de oferecer produtos, a nova visão é oferecer serviços. Em Coelho (2016), vemos exemplos de como essa mudança está ocorrendo: empresas que antes se preocupavam em ofertar impressoras e copiadoras, agora estão focando a venda de serviços e impressão. Para o cliente que necessita desse serviço, há uma vantagem em potencial, que consiste no fato de não precisar mais se preocupar com a manutenção e obsolescência de seus equipamentos. Outro exemplo interessante ocorre na aviação comercial: em vez de empresas venderem motores para as aeronaves, o foco atual está em comercializar horas de voo.

Essa nova mentalidade faz com que o usuário não procure mais pelo produto, mas sim pela experiência que outros usuários tiveram com o uso do produto, ou seja, o foco agora é a qualidade do serviço que pode ser prestado. O futuro converge para uma realidade em que serviços serão integrados e agregados para atender às necessidades de um público consumidor. Essa nova abordagem baseia-se no conceito de IoT.

Para acomodar a integração dessas novas tecnologias surgem os Sistemas Ciber-Físicos ou Cyber-Physical Systems – CPS (COELHO, 2016). Em síntese, são sistemas que têm uma parte física em que se integram recursos computacionais para processamento de informações, mais recursos de comunicação para realizar o fluxo das informações entre esse sistema e a rede de comunicação.

Por sua vez, esses sistemas podem ser utilizados para compor os recursos de uma fábrica, dando origem aos Sistemas de Produção Ciber-Físicos ou Cyber-Physical Production Systems – CPPS. A grande virtude é que esses sistemas constituem fábricas inteligentes que são altamente flexíveis, ou seja, são capazes de se reconfigurarem para novas demandas e inclusive para a produção de novos produtos. Dessa forma, obtêm-se soluções que utilizam robôs, IoT, máquinas CNC e veículos autônomos de transporte que utilizam uma grande quantidade de informação que estão associadas a enormes volumes de dados de diferentes origens que se refere ao termo Big Data (COELHO, 2016). Esses repositórios de dados podem ser utilizados para que se apliquem técnicas de análise na obtenção de novos conhecimentos a respeito do comportamento desses sistemas produtivos inteligentes (Figura 4.12).

Figura 4.12 | Big Data



Fonte: Coelho (2016, p. 22).



Pesquise mais

Para que você possa verificar como o termo indústria 4.0 é abrangente, vale a pena ler o artigo a seguir, que contém uma reflexão a respeito de como a empresa “passará a pensar”.

Dessa forma, encerramos a última seção desta disciplina. Esperamos que você tenha sido capacitado a desenvolver aplicações voltadas para o projeto de fábricas inteligentes em que o conceito indústria 4.0 seja contemplado para que sistemas produtivos competitivos sejam projetados com êxito.

Sem medo de errar

Você adquiriu uma excelente experiência quando elaborou um ótimo relatório técnico a respeito de como deve sistematizar a organização de arranjos físicos baseada no conceito de manufatura celular. Depois disso, seu cliente ficou satisfeito com a apresentação bem estruturada que você produziu sobre novos modelos de gestão da produção de alta flexibilidade, baseando-se no conceito de fábrica digital.

O próximo desafio, com o qual seu cliente necessita de ajuda, envolve a questão da evolução tecnológica que seus concorrentes estão incorporando em seus processos produtivos. Diante desse cenário, ele prevê a necessidade de resolver o problema de estruturar uma sistemática para implantar o conceito de indústria 4.0 em seus negócios. Nesse sentido, o cliente pretende resolver dois problemas cruciais. O primeiro deles refere-se à questão de rastreabilidade de produtos para que possa ter mais controle sobre cada unidade que estiver sendo produzida. O outro problema consiste em adotar uma solução a respeito de como melhorar o controle de qualidade do processo de fabricação considerando essa nova realidade tecnológica.

Seu supervisor solicitou a você que elaborasse um relatório técnico apresentando propostas para o seu cliente a respeito desses dois itens levantados, dentro do contexto de indústria 4.0.

Esboço do relatório

Para se aplicar o conceito indústria 4.0 no projeto de fábricas inteligentes, é fundamental que o projetista tenha em mente quais são as características que identificam esses novos modelos de fábricas. Nesse contexto, deve-se atentar para as seguintes questões:

- Presença de um sistema de comunicação que garanta a possibilidade de interoperabilidade entre os elementos que compõem o Sistema de Produção Ciber-Físico.

- O sistema de comunicação deve ocorrer em tempo real para que possa ser realizado o controle da planta industrial.
- Deve-se prever a utilização de recursos computacionais para virtualizar a planta.
- Existência de uma arquitetura de controle distribuída compatível com a existência de uma grande variedade de Sistemas Ciber-Físicos que interajam entre si para que a produção ocorra de forma otimizada.
- Deve-se prever a utilização de arquiteturas de software baseadas em *web services*.

Essas características precisam estar presentes para que uma fábrica inteligente, de acordo com o conceito Indústria 4.0, possa existir.

Quanto à solução dos problemas apresentados, consideramos que:

- O primeiro problema refere-se à questão de rastreabilidade de produtos a fim de se garantir mais controle sobre cada unidade que estiver sendo produzida. Para isso, é necessário que os produtos estejam conectados na rede por meio de etiquetas RFID, para que o produto possa ser rastreado de diferentes formas, como:
 - Durante o processo de fabricação nas estações de trabalho.
 - Durante o processo de embalagem do produto.
 - Durante o processo de transporte até o cliente.
- O segundo problema refere-se à questão de adotar-se uma solução a respeito de como melhorar o controle de qualidade do processo de fabricação considerando as tecnologias disponíveis no contexto da indústria 4.0. Isso pode ser resolvido utilizando-se recursos computacionais para virtualização da fábrica em operação. Dessa forma, os modelos virtuais poderão ser utilizados para simular em tempo real o comportamento desejado para a fábrica. Portanto, se ocorrer algum desvio entre o comportamento do sistema físico e do modelo virtual, dispara-se uma atuação rápida que pode ocorrer de forma remota, utilizando mecanismos automáticos. Assim, controla-se a qualidade por meio da rastreabilidade dos produtos, associada à rastreabilidade virtual dos processos, de tal forma que os desvios durante os processos de fabricação podem ser identificados rapidamente utilizando RFID, por exemplo, permitindo que se realizem:
 - Medições utilizando equipamentos *wireless* (conexão com redes sem fio).

- Transmissão das medições para verificar se está de acordo com os padrões de qualidade especificados.
- Controle dos processos de inspeção de forma remota, permitindo agilizar o controle de qualidade.

Dessa forma, viabiliza-se o uso de alta tecnologia baseada em indústria 4.0 para rastrear os produtos e processos e melhorar a qualidade dos itens fabricados.

Avançando na prática

Projeto de sistemas modulares de produção

Descrição da situação-problema

Uma questão-chave para a introdução de novas tecnologias para o projeto de uma fábrica inteligente é o desenvolvimento de soluções de automação que garantam flexibilidade aos processos produtivos. Uma empresa quer modificar a sua estratégia de produção para obter maior flexibilidade, pois o mercado tem variado muito a sua demanda e tem solicitado produtos novos em curtos intervalos de tempo, ou seja, o ciclo de vida dos produtos está diminuindo. Esse cliente deseja voltar a ser competitivo e não sabe como pode utilizar o conceito de indústria 4.0 para melhorar o desempenho de sua empresa. Qual diretriz você aplicaria para orientar esse empresário sobre uma possível solução que viria ao encontro de sua necessidade, aplicando o conceito de indústria 4.0?

Resolução da situação-problema

A maior necessidade desse cliente é obter uma solução que garanta níveis elevados de flexibilidade em seu sistema produtivo.

A indústria 4.0 caracteriza-se pela presença de flexibilidade por causa da natureza de seus elementos: são Sistemas Ciber-Físicos. Como esses sistemas têm a capacidade de processar informações e estabelecer comunicação com a rede, são excelentes candidatos para compor uma fábrica inteligente.

Esses sistemas têm a vantagem de serem modulares, ou seja, os recursos podem ser programados de acordo com as necessidades de produção e eles interagem entre si para responder a situações de mudança de demanda e também quando for necessário produzir novos produtos.

Dessa forma, a diretriz é aplicar o conceito de Sistemas Ciber-Físicos tanto nos produtos fabricados quanto nos recursos utilizados para realizar os processos de fabricação. Como resultado, obtém-se um Sistema de Produção Ciber-Físico capaz de modularizar suas funcionalidades.

1. O texto a seguir refere-se aos pilares da indústria 4.0. Preencha as lacunas adequadamente:

O maior impacto causado pela indústria 4.0 é a necessidade de mudança em relação à forma como a empresa está acostumada a _____ e agir para realizar os seus negócios. Esse novo modelo de negócios promoverá acesso a _____ sobre os produtos baseando-se nas _____ emitidas pelo mercado consumidor.

Assinale a alternativa que corresponde ao preenchimento correto das lacunas:

- a) delegar; informações; experiências.
- b) pensar; processos; especificações.
- c) pensar; informações; experiências.
- d) delegar; informações; especificações.
- e) pensar; processos; experiências.

2. A questão de virtualização da fábrica é um recurso fundamental, sendo uma das características da indústria 4.0. Em relação à virtualização, analise as afirmações a seguir:

- I. A simulação realizada não precisa ocorrer em tempo real.
- II. Ela permite a atuação remota em caso de desvios no comportamento desejado para a produção.
- III. É um meio de se controlar a qualidade dos produtos.

De acordo com a sua análise, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmação I está correta.
- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) Somente a afirmação III está correta.
- d) Somente as afirmações II e III estão corretas.
- e) Somente as afirmações I e III estão corretas.

3. A indústria 4.0 veio transformar o modo de pensar das empresas e de seus clientes. Para isso, há uma série de tecnologias que suportam esse conceito e que são conhecidas como pilares da indústria 4.0. Nesse sentido, a ABDI (Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial) desenvolveu um projeto denominado Agenda Brasileira para a Indústria 4.0.

Considerando o contexto apresentado, assinale a alternativa correta:

- a) O conceito de indústria 4.0 está associado ao desenvolvimento de um modelo de fábrica capaz de utilizar recursos inteligentes para a fabricação de produtos não customizados.
- b) A indústria 4.0 consiste na utilização de novas tecnologias que agreguem autonomia

- aos recursos, associada à capacidade de eles desempenharem um comportamento baseado em inteligência artificial – apesar de esses recursos nem sempre serem capazes de se comunicar entre si, eles podem tomar decisões de forma independente.
- c) A indústria 4.0 avançou para a automação dos processos utilizando recursos computacionais e controladores programáveis. Seu início ocorreu com o surgimento da internet, por volta de 1960.
 - d) Na indústria 4.0 deve existir um sistema de comunicação que garanta a interoperabilidade entre as partes do sistema produtivo. Isso não envolve a capacidade de comunicação dos operadores humanos com os dispositivos.
 - e) As informações presentes no sistema, e que estão diretamente associadas à tomada de decisão de seus dispositivos, precisam fluir em tempo real para que o controle do sistema produtivo seja realizado de forma efetiva.

Referências

- ABDI. Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial. Brasília, DF, [s.d.]. Disponível em: <https://www.abdi.com.br>. Acesso em: 4 jan. 2019.
- ABDI40. **Agenda brasileira para Indústria 4.0**. [S.l., s.d.]. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>. Acesso em: 4 jan. 2019.
- CARLI, P. C.; DELAMARO, M. C. Implantação da Manufatura Digital numa empresa: identificando os fatores críticos de sucesso. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 37., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007. p. 1-10.
- CIB. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. [S.l.], 2016. Disponível em: <https://cib.org.br/faq/o-que-e-ogm/>. Acesso em: 5 jan. 2019.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2016.
- DASSAULT Systèmes. Groupe Dassault. [S.l., s.d.]. Disponível em: <http://www.dassault.fr/en/filiale.php?docid=2406>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- FÁBRICA do futuro terá linha de produção real e virtual. **Inovação Tecnológica**. Campinas, 4 maio 2017. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=fabrica-do-futuro&id=010170170504#.XBhL3otKhdg>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- FACTORY design utilities. Autodesk. [S.l., s.d.]. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/factory-design-utilities/overview/>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- GROOVER, M. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011.
- LAMB, F. **Automação industrial na prática**. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- PERIARD, C. V. Indústria 4.0 ou 4ª Revolução Industrial. **Sobre Administração**, São Paulo, 19 set. 2018. Disponível em: <http://www.sobreadministracao.com/industria-4-0-4-revolucao-industrial/>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software: uma abordagem profissional**. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- PTC. [Portal], [S.l., s.d.]. Disponível em: <https://www.ptc.com/pt/>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- SANTOS, D. B. P.; BARBOSA, E. E. F. Manufatura Digital no Planejamento da Automação da Usinagem de Componentes Powertrain. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA*, 23., 2015, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2015. v. 2, p. 531-537.
- SATURNO, A. Indústria 4.0 – O Brasil está pronto para a inovação das fábricas inteligentes? **CanalTech**, São Paulo, 13 nov. 2018. Disponível em: <https://canaltech.com.br/inovacao/industria-40-o-brasil-esta-pronto-para-a-inovacao-das-fabricas-inteligentes-126833/>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- SIEMENS PLM. [Portal]. [S.l., s.d.]. Disponível em: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/pt/>. Acesso em: 12 mar. 2019.

SILVA, C. L. O. **Uso do conceito fábrica digital e manufatura enxuta para analisar arranjos físicos de produção**. 2013. Dissertação – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2013.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

VIDAL, O. C. *et al.* Exemplos de aplicação do conceito de Fábrica Digital no planejamento de instalações para armação de carroçarias na indústria automobilística brasileira. **Produto & Produção**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 75-84, 2009.

ISBN 978-85-522-1434-2



9 788552 214342 >