

## *O que é a Engenharia de Produção?*

*Afonso Fleury*

*Professor do Departamento de Engenharia de Produção da EPUSP  
Capítulo 1 do livro Introdução à Engenharia de Produção, Editora Campus 2007  
Vencedor do Prêmio Jabuti 2008 como melhor livro técnico-científico*

- “Eu sou um gerente de produção”.

Este foi o título de uma reportagem publicada no final da década de 1990, numa revista de ampla circulação. Surpreendentemente, tratava-se de uma entrevista com um famoso técnico de futebol (vamos designá-lo como TF), naquele tempo atuando num clube de São Paulo. Figura sobejamente conhecida, TF depois passou por outros times brasileiros, pela Seleção Brasileira e por clubes estrangeiros.

É óbvio que um técnico de futebol, que se auto-intitula Gerente de Produção, não pode ser identificado como um Engenheiro de Produção no sentido convencional do termo. Porém, como sabemos que todo brasileiro ou brasileira é um apaixonado e potencial técnico de futebol, a metáfora pode auxiliar aqueles que fazem sua primeira incursão no campo da Engenharia de Produção a compreender o que ela é e o que se espera que um Engenheiro de Produção faça.

Assim, neste texto vamos fazer uma apresentação formal da Engenharia de Produção entremeando-a com exemplos de várias origens, entre elas do futebol e fazendo uma especial referência à reportagem acima mencionada.

### A definição de Engenharia de Produção

A definição mais utilizada de Engenharia de Produção é a seguinte:

“A Engenharia de Produção trata do projeto, aperfeiçoamento e implantação de sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia, para a produção

de bens e serviços, de maneira econômica, respeitando os preceitos éticos e culturais. Tem como base os conhecimentos específicos e as habilidades associadas às ciências físicas, matemáticas e sociais, assim como aos princípios e métodos de análise da engenharia de projeto para especificar, prever, e avaliar os resultados obtidos por tais sistemas”.

Trata-se de uma definição objetiva mas densa, não muito fácil de ser decodificada pelas pessoas menos afeitas ao tema. Vamos tratá-la nos seus diferentes elementos.

Começemos com o trecho: “... pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia, ...”. Esses constituem os recursos utilizados nos sistemas de produção. Cada sistema de produção tem uma determinada configuração de recursos.

Por exemplo, no clube onde o nosso TF trabalha, ele conta com os diferentes tipos de recursos: pessoas são os jogadores, os auxiliares de treinador, o médico, e outros indivíduos contratados pelo clube e que atuam na produção do serviço; materiais envolvem desde a infraestrutura (o estádio, o gramado, os alojamentos para a concentração, etc) até o material de consumo diário, como as garrafas de água ou as bolas para o treinamento; equipamentos talvez sejam um recurso de menor importância num clube de futebol, mas poderíamos incluir desde os equipamentos utilizados na concentração e no departamento médico até o laptop que os técnicos costumam utilizar (TF já usava em 1997); informações envolvem um enorme número de fontes e de usos: desde a informação sobre o mercado de jogadores (o mercado de trabalho), sobre os campeonatos e os outros times (os concorrentes), sobre a federação e a FIFA (o ambiente institucional), entre outros; envolvem também a comunicação interna ao clube e até entre os jogadores (quem não viu ainda a forma como os jogadores de voleibol transmitem como a jogada será estruturada?); quanto ao recurso energia, no caso de um time de futebol, talvez o entendimento mais apropriado seja “energia dos jogadores”. Um treinador de futebol num bom clube talvez até conte com recursos financeiros sob sua própria responsabilidade.

Outros tipos de sistema de produção têm outras configurações de recursos. Uma empresa industrial ou de serviços tem pessoas (funcionários, gestores, ...), tem equipamentos (de produção, de computação, etc), tem materiais (para transformação,

para embalagem, por exemplo), tem informações (de mercado de trabalho, de mercado financeiro, sobre novas tecnologias de produto e de produção, etc), tem energia (vapor, elétrica, etc).

Voltando à nossa definição, o que é que o Engenheiro de Produção tem a ver com esses diferentes tipos de recursos? A função do Engenheiro de Produção é organizá-los para que a função Produção ocorra de acordo com o resto da definição: produzindo bens e/ou serviços de maneira econômica, respeitando os preceitos éticos e culturais.

Neste ponto, aparece uma diferenciação importante do Engenheiro de Produção em relação aos outros engenheiros. As demais especializações da Engenharia, em geral focalizam um dos elementos constituintes dos sistemas de produção. Assim, existe a Engenharia de Materiais, a Engenharia Mecânica (equipamentos), a Engenharia de Energia e Automação, a Engenharia de Computação, etc. Diferentemente destas especializações, o Engenheiro de Produção tem que entender como estruturar um sistema de produção que utiliza conjuntamente materiais, equipamentos, informações, energia e pessoas. Assim, o Engenheiro de Produção tem que conhecer o que é essencial em cada uma dessas áreas da Engenharia mas saber analisar as relações e interdependências entre esses diferentes elementos constituintes.

Por exemplo, uma das decisões que está no âmbito dos Engenheiros de Produção é onde localizar uma fábrica? No sul do Brasil? No Nordeste? Porque não em Minas Gerais? Ou talvez na China? Para encaminhar uma decisão como essa o EP tem que levar em consideração a disponibilidade e os tipos de materiais, as fontes de energia e a infra-estrutura, os tipos de equipamentos disponíveis ou possíveis de serem adquiridos, e as características dos trabalhadores locais, entre outros fatores.

Entendendo a natureza e as características dos elementos constituintes o EP projeta, implanta e aperfeiçoa sistemas integrados de pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia, para a produção de bens e serviços, de maneira econômica, respeitando os preceitos éticos e culturais.

Porque de modo econômico? Porque as empresas nas quais o Engenheiro de Produção exerce a sua profissão estão inseridas em mercados nos quais a questão econômica é a

prioritária: se a empresa não tiver lucro ela não sobrevive. Os indicadores de desempenho são prioritariamente de natureza econômica, não obstante as questões de natureza ética e cultural coloquem as diretrizes e os limites dessa ação.

Voltando ao exemplo do TF, ele iniciava a entrevista demonstrando um claro entendimento de sua inserção profissional: ele era um profissional, técnico de futebol, contratado por um clube o qual tinha objetivos econômicos a serem atingidos. É interessante lembrar que a época era o final dos anos 1990 e a questão da sustentação financeira já estava colocada para todos os clubes. O clube que o contratara tinha acabado de assinar contrato de patrocínio com uma empresa européia, entrando no mercado brasileiro, que tinha sua estratégia de marketing dependendo do sucesso do time. Naquela época, os times estrangeiros estavam ainda mais adiantados nessa questão financeira: por exemplo, o Manchester United tinha inovado lançando ações na Bolsa de Londres.

Na entrevista, TF declarava que o que se esperava dele não era apenas ganhar jogos e títulos; era criar valor para o clube. Para criar valor para o clube, gerenciando um “sistema de produção futebolístico”, o mais importante era valorizar os jogadores: o clube contrata jogadores por um valor e vende por um valor mais alto. O diferencial depende do desempenho do time e do desempenho do jogador, é claro. As formas de valorizar o jogador eram: 1) ganhando jogos e títulos, e 2) sendo convocado para a seleção.

A função do Engenheiro de Produção em seu trabalho junto a uma empresa também é criar valor para os seus “*stakeholders*”. Vamos fazer uma breve recuperação histórica para depois voltar aos “*stakeholders*”.

### Um pouco da história da Engenharia de Produção

A Engenharia de Produção começou, há mais de um século atrás, com uma concepção de racionalidade econômica aplicada aos sistemas de produção. Coube a duas figuras paradigmáticas do final do século XIX e início do século XX, o início da transformação dos conhecimentos empíricos sobre a produção em conhecimentos formalmente estabelecidos. Trata-se de Frederick Winslow Taylor e Henry Ford.

Taylor é reconhecidamente o precursor da Engenharia de Produção, tendo publicado, em 1911, o livro “Princípios da Administração Científica”. Taylor não era um acadêmico, ele era o que convencionamos chamar de praticante (creio que o nosso TF também não frequentou nenhuma universidade de futebol). Taylor desenvolveu sua carreira numa empresa siderúrgica americana chamada Bethlehem Steel. É sempre bom lembrar que, na época de Taylor, a indústria siderúrgica era a indústria de ponta; é como se Taylor trabalhasse numa Microsoft, Google ou Toyota dos dias de hoje.

Na Bethlehem Steel, Taylor começou como torneiro-mecânico, ou seja, como participante do processo de produção. Apesar de não ser engenheiro nessa época, Taylor tinha uma “cabeça de engenheiro” e uma enorme preocupação com eficiência. O que mais incomodava Taylor eram os desperdícios que ele dizia presenciar: desperdício de tempo, de recursos e, principalmente, do tempo e dos esforços das pessoas.

Para mudar esse cenário Taylor precisou apenas de um método e um equipamento: o cronômetro. O método que Taylor utilizava, e que propalava ser científico, consistia em identificar uma atividade de produção, seu início, seu final e as atividades constituintes. Em seguida, Taylor dissecava as atividades em atividades elementares, e media o tempo necessário para cada atividade elementar. Em seguida remontava a atividade do início ao final, de forma que o tempo total para a sua execução fosse minimizado.

Essa idéia de gênio para a época (hoje nos parece elementar), simples como pode parecer, teve uma enorme repercussão no plano empresarial, mudando a lógica da organização da indústria e estabelecendo as bases para a construção de uma área do conhecimento chamada Engenharia Industrial (*Industrial Engineering* para os americanos) ou Engenharia de Produção (*Production Engineering* para os ingleses)

A proposta de Taylor foi colocada em prática, em todas as suas dimensões e nuances, por Henry Ford, ao construir e organizar a planta de River Rouge, Detroit, na qual por mais de quinze anos produziu o Ford Modelo T. Ford não foi o primeiro a produzir automóveis; já havia muitos fabricantes de automóveis quando ele iniciou suas atividades. Mas Ford foi o primeiro a produzir automóveis de maneira econômica:

procurando conhecer e controlar custos para produzir em grandes volumes e entregar um produto de acordo com as expectativas e os recursos dos consumidores.

Ford utilizou dois conceitos básicos. Primeiro, o conceito de intercambialidade: pela primeira vez os automóveis eram produzidos com partes padronizadas e intercambiáveis. Para isto ele se baseou em conceitos de engenharia que haviam sido desenvolvidos pelo Exército americano para a produção de armas, por volta de 1820, e depois praticados pela empresa de máquinas de costura Singer, que foi a primeira empresa no mundo a ter componentes intercambiáveis. Segundo, o conceito de linha de montagem, celebrado na paródia “Tempos Modernos”, de Charles Chaplin. Para desenvolver a linha de montagem, Ford se inspirou numa visita que fez aos abatedouros: depois de abatidos, os bois eram pendurados em ganchos que circulavam por um determinado recinto onde havia diferentes estações de trabalho: em cada parada, a mesma parte do boi era cortada; ou seja, tratava-se de linhas de desmontagem de bois. Henry Ford inverteu o processo, desenvolveu o conceito de linhas de montagem e criou as bases para a criação da indústria automobilística no sentido moderno do termo.

Mas, o conceito de “de modo econômico” mudou com o tempo. Se antigamente quem estabelecia o que tinha que ser entendido como “de modo econômico” eram os donos de empresa e os gerentes de produção, hoje temos uma concepção muito mais ampla, que incorpora outros tipos de “*stakeholders*”. Em outras palavras, quem influencia na forma como os sistemas de produção tem que ser projetados, implantados e aperfeiçoados? A resposta a essa pergunta está na própria evolução da forma com as empresas são organizadas e gerenciadas.

### A empresa e o seu ambiente

Uma pequena empresa familiar tem uma estrutura de comando clara e visível (se bem que as relações internas podem ser complexas). Por outro lado, uma grande empresa multinacional com ações cotadas em bolsas, lidando com diferentes tipos de representantes dos acionistas (representados nos Conselhos de Administração), dos trabalhadores (os sindicatos), dos consumidores (eventualmente representados pelos serviços de proteção ao consumidor), das comunidades (as associações comunitárias e as ONGs), das instituições nacionais e internacionais que definem padrões e normas

para produtos e processos (no Brasil o INMETRO, no exterior a ISO, entre outros), tem suas decisões influenciadas por uma ampla gama de interesses externos. A forma como esses “*stakeholders*” influenciam o processo de tomada de decisões na empresa deve ser entendida e incorporada pelo Engenheiro de Produção.

No caso do nosso TF ele também tem que considerar uma série de fatores ambientais, de *stakeholders*. A começar pela Diretoria do Clube que sempre vai querer influenciar no seu trabalho, passando pelo patrocinador e chegando às torcidas uniformizadas, sem falar da chamada mídia especializada.

Ou seja, tanto a empresa quanto o time de futebol devem ser vistos como “sistemas abertos” em oposição a “sistemas fechados”. Os sistemas abertos realmente são mais complexos para gerenciar, mas é essa troca de informações, de materiais, de energia que permite que o sistema se regenere e evolua. Assim, o Engenheiro de Produção tem que desenvolver um modelo mental que trabalhe não só as questões diretamente ligadas ao processo de produção propriamente dito, mas também as variáveis ambientais que possam vir a afetar o desempenho desse sistema.

Aqui vale, mais uma vez, comparar com os engenheiros de projeto. Embora a distinção não seja absoluta, o engenheiro de projeto está preocupado com os componentes, com o detalhe, com a minúcia. O engenheiro de produção está preocupado com o conjunto, com a integração, seja ela interna à empresa, seja ela externa (entre a empresa e os *stakeholders*)

Mas, será que o engenheiro de produção e o engenheiro de projeto não conversam? É claro que sim. Para entender melhor esta relação precisamos entender como funciona uma empresa.

#### A empresa onde a produção ocorre

A sabedoria popular identifica num clube de futebol, como aquele no qual o TF trabalha, a Diretoria e o departamento médico, essencialmente. Mas a estrutura de um clube é bem mais complexa.

Independentemente do tamanho, qualquer empresa de produção de bens e serviços tem que executar várias funções que são estruturadas em departamentos. Três funções são consideradas funções-fim: Produção, Marketing e Pesquisa e Desenvolvimento. Elas estão diretamente relacionadas ao ciclo de produção dos bens ou serviços. Marketing faz a relação com os clientes: ela inicia o ciclo procurando entender quais são as necessidades dos consumidores e, depois, ela vai fechar o ciclo divulgando e comercializando os produtos da empresa. Depois que Marketing identifica as demandas dos consumidores, Pesquisa e Desenvolvimento deve projetar o produto e o processo. E a Produção tem que organizar os recursos e coordena-los para entregar o produto nas condições demandadas pelo mercado para que a empresa possa atingir os seus objetivos.

Há muito tempo atrás, essas três funções: Marketing – Desenvolvimento – Produção, trabalhavam de maneira bastante independente. Cada uma fazia a sua parte e transmitia os resultados para as seguintes. Atualmente, dadas as pressões colocadas para as empresas, essas três funções trabalham de modo compartilhado, buscando otimizar os indicadores de desempenho da empresa. Consequentemente, o Engenheiro de Produção tem que saber se relacionar com e trabalhar em equipes multidisciplinares que envolvem pessoas de Marketing e de Projeto de Produto e de Processo, entre outras (por exemplo, do Departamento Financeiro e do Jurídico).

A Embraer fornece um exemplo interessante para o ponto colocado acima. No caso do novo avião, a família EMB 170-190, aviões de 70 a 110 lugares, a empresa inicialmente sondou o seu mercado e clientes com grande cuidado. Depois, elaborou um conceito de produto, já em parceria com seus (futuros) fornecedores. Esse conceito de produto gerou um protótipo (um avião feito de maneira artesanal) que foi apresentado aos clientes. Só depois de receber as primeiras encomendas (de um produto que ainda estava apenas esboçado) é que a Embraer passou a fazer a especificação detalhada do projeto e a montar a fábrica para produzir em série. Um dos trunfos da Embraer para ganhar as encomendas foi prometer um prazo de entrega curto, o que significou que o projeto do produto e o projeto e a instalação da fábrica foram realizados de maneira praticamente simultânea. Para tanto, a empresa utilizou as mais modernas tecnologias e, acima de tudo, inovou criando formas de trabalho de grande eficácia.



Mas, além de Marketing – Desenvolvimento – Produção, as funções-fim, todas as empresas tem funções de apoio. Elas incluem Finanças, Gestão de Pessoas, Sistemas de Informação, e outras. Neste ponto, duas observações se fazem necessárias. Primeiro, há empresas nas quais a função-fim não é uma transformação física, como a Embraer ou a Petrobrás, mas é um outro tipo de transformação: num banco, como o Bradesco ou o Itaú, a transformação é do tipo financeiro; ou seja, o sistema de produção trabalha com insumos de diferente natureza, mas a lógica da aplicação da Engenharia de Produção é a mesma. Não deveria surpreender, então, que o nosso TF tenha se declarado um Gerente de Produção, pois ele gerencia um sistema de produção de serviços (entretenimento).

A segunda observação é que independentemente do tipo de empresa, as abordagens, métodos e técnicas da Engenharia de Produção podem ser aplicadas às atividades das funções de apoio. É por isso que na definição da Engenharia de Produção lemos o seguinte: “Tem como base os conhecimentos específicos e as habilidades associadas às ciências físicas, matemáticas e sociais”. Porque ciências sociais?

#### A interface da Engenharia com outras ciências

Na entrevista que concedeu, o nosso TF dizia que o seu maior desafio era escolher os jogadores para o time e criar um clima de cooperação, e ao mesmo tempo de, competição entre eles. Para recrutar, ele analisava cuidadosamente o histórico dos potenciais candidatos e depois mantinha longas conversações antes de tomar a decisão. Aliás, não é só o nosso TF que tem preocupações maiores com essa decisão; na verdade, as melhores empresas têm isso como o maior desafio: contratar as pessoas certas e depois gerenciá-las da maneira correta.

Voltando, então, ao campo da Engenharia de Produção, entendemos que a Economia não é a única ciência social que está no currículo do Engenheiro de Produção. A Sociologia e a Psicologia também têm um lugar de destaque, porque, como prega a nossa definição, pessoas são parte integrante dos sistemas de produção que são projetados, implantados e aperfeiçoados pelos Engenheiros de Produção. Evidentemente o currículo da Engenharia de Produção não comporta uma profunda incursão por esses campos do conhecimento, mas são tratados os conceitos e abordagens básicas para que o Engenheiro de Produção possa projetar processos de trabalho adequados às pessoas.

São tratados temas como motivação, participação, processos de decisão, clima e cultura organizacional, entre outros.

A ênfase na Economia de Empresas, a consideração de outras Ciências Sociais, como a Sociologia e a Psicologia, a necessidade de conhecer Finanças, cria uma aproximação muito forte com os cursos de Administração. Onde estaria a diferença entre a Engenharia de Produção e a Administração?

A diferença está na frase final da definição: “Tem como base ... os princípios e métodos de análise da engenharia de projeto para especificar, predizer, e avaliar os resultados obtidos por tais sistemas”. Em outras palavras, o Engenheiro de Produção possui uma capacitação distintiva naquilo que diz respeito ao desenvolvimento de modelos para a tomada de decisões relativas a sistemas de produção.

#### A construção de modelos

A última parte da nossa definição diz que o Engenheiro de Produção trabalha utilizando “os princípios e métodos de análise da engenharia de projeto para especificar, predizer, e avaliar os resultados obtidos por tais sistemas”.

Na prática isto significa que o Engenheiro de Produção é capaz de criar modelos que subsidiam os processos de tomada de decisão sobre sistemas de produção. Um modelo é uma representação simplificada de uma realidade. Na Engenharia de Produção usamos modelos para resolver os complexos problemas que as empresas encontram.

Voltemos ao caso TF. Como técnico de um time, ele toma decisões baseado em experiência e intuição. Não há nada de errado com isso, já que esses dois atributos fazem parte do perfil do profissional bem sucedido. Mas se um Diretor Industrial ou um Gerente de Produção tomar decisões baseadas apenas em experiência e intuição, o risco pode ser alto.

O instrumento de trabalho mais importante do Engenheiro de Produção é a modelagem: a construção de modelos que capturam as dimensões mais relevantes de um problema (em geral complexo demais para ser tratado apenas a partir da experiência e intuição), e

geram insumos para tomadas de decisões bem fundamentadas. A capacidade de construir modelos formais, utilizando a Matemática e a Estatística, para o enfrentamento dos complexos problemas relacionados a sistemas de produção é que caracteriza a contribuição da Engenharia para a formação do Engenheiro de Produção.

Aqueles diagramas que os técnicos (de futebol, de voleibol, de basquete, etc) utilizam, são modelos. Mas não é possível resolver problemas mais complicados usando modelos visuais, gráficos. Imagine a Fedex fazendo a programação de encomendas usando papel e lápis. Ou uma empresa identificando o risco de transferir a sua fábrica para o Nordeste ou para a Malásia, usando apenas experiência e intuição.

No decorrer deste livro, vários capítulos vão apresentar, de maneira detalhada e cuidadosa, como a Engenharia de Produção trata da questão da modelagem para tratar das decisões relativas aos sistemas de produção.

### Os desafios da Engenharia de Produção

Para o Natal de 2006, a Microsoft estava preparando o lançamento de um novo X-Box. Tal como seu antecessor (o modelo anterior de X-Box havia fracassado), o sucesso ou o fracasso desse novo produto estava condicionado a como o sistema de produção reagiria a uma demanda não previsível. Se o produto “emplacasse”, ou seja, se os consumidores reagissem positivamente e o X-Box se tornasse uma moda ou um *hit*, o sistema de produção, que envolvia uma complexa rede de fornecedores distribuídos por todo o mundo, teria que ser estruturado rapidamente. Por outro lado, a Microsoft sabia que se estruturasse todo o sistema de produção antes das vendas de Natal, estocasse o produto e os consumidores não reagissem positivamente, teria sérios prejuízos operacionais.

O sistema de produção organizado pela Microsoft envolvia não apenas os fornecedores da primeira versão do XBox a ser vendida no Natal de 2006, mas já previa as versões subsequentes, que envolviam outros fornecedores de outros tipos de softwares e de acessórios. Se o produto emplacasse eles deveriam ser rapidamente ativados; caso contrário, seria necessário rever todo o projeto do produto e a sua estratégia de comercialização.

Esse exemplo, que diz respeito a uma empresa de software mas que ilustra os enormes desafios de organização da produção, exemplifica bem os atuais desafios enfrentados por aqueles que projetam, implementam e aperfeiçoam sistemas de produção.

O sistemas de produção não estão mais necessariamente concentrados num local, mas dispersos pelo mundo, envolvendo diferentes tipos de empresas em diferentes países, envolvendo sistemas de logística, exigindo uma enorme capacidade de coordenação e tendo que ser ágil e flexível e ao mesmo tempo eficiente.

Essa fragmentação e dispersão dos sistemas de produção está sendo, em grande parte, consequência da evolução das Tecnologias de Informação. Mas parece que ainda há muito a surgir no plano das tecnologias de comunicação e computação, o que pode criar novas formas de organizar sistemas de produção.

Há um campo ainda pouco explorado que é a aplicação da Engenharia de Produção nas áreas de mídia e entretenimento. E há um campo absolutamente inexplorado que diz respeito à economia do conhecimento, à organização de processos de produção de conhecimento.

Os problemas ambientais e os sistemas de regulação que estão sendo estabelecidos nos diferentes níveis de atuação institucional (local, sub-nacional, nacional, regional, internacional) trazem desafios cada vez mais dramáticos para que seja possível a “produção limpa” ou ecologicamente correta.

As novas tecnologias (a nanotecnologia e a biotecnologia, em particular) prometem uma revolução que vai exigir novas abordagens para sistemas de produção cujas características ainda não estão muito bem identificadas e entendidas.

A questão da responsabilidade social das empresas tem consequências importantes no desempenho da profissão de Engenheiro de Produção, especialmente naquilo que diz respeito às contribuições para as comunidades e a sociedade em geral.

As respostas para esses tipos de demanda ainda não são de todo conhecidas e representam o futuro não só para os estudiosos da Engenharia de Produção mas também para aqueles que o praticam nas empresas.

Não obstante, a Engenharia de Produção pode trazer conhecimentos e comportamentos de grande valor e utilidade, mesmo se você quiser abrir o seu próprio negócio ou mesmo ser técnico de futebol.