

A complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais¹

Francisco Duarte

As relações de complementaridade entre a Ergonomia e a Engenharia ganham força, no Brasil, com o advento dos Departamentos de Engenharia de Produção, nas Escolas de Engenharia de nossas Universidades². De acordo com documento recente da ABEPRO, a Ergonomia constitui um dos conteúdos de base dos currículos de Engenharia de Produção dentro da área Engenharia do Trabalho (ABEPRO, 1998).

A crescente presença da Ergonomia na Engenharia de Produção brasileira pode ser verificada pelo número significativo de comunicações e artigos desta área de conhecimento nos últimos congressos anuais da Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO, bem como pelo número crescente de engenheiros de produção, professores e pesquisadores, que se especializam em Ergonomia.

Se, no início, a Ergonomia era utilizada numa perspectiva de diagnóstico de condições de trabalho e até de denúncia das condições de trabalho às quais estavam submetidos os operadores, atualmente surge outra perspectiva para a complementaridade entre as duas disciplinas: a participação de ergonomistas nos projetos de desenvolvimento tecnológico, em especial nos projetos de automação, de modernização tecnológica e de concepção de novas unidades produtivas dos diferentes setores industriais e de serviços.

Entretanto, pensar complementaridade entre Ergonomia e Engenharia exige esclarecer de que engenharia estamos falando, se das engenharias tradicionais (Química, Civil, Metalúrgica, Naval, Elétrica, Alimentos, ...), se da Engenharia de Produção.

A prática da Engenharia de Produção no Brasil é majoritariamente relacionada às funções técnico-gerenciais, como de resto acontece com as engenharias tradicionais. Os engenheiros químicos, os metalúrgicos, para não citar todos, têm-se dedicado principalmente à gestão da tecnologia. Na verdade, nossos engenheiros, empenhados na gestão, têm tido poucas oportunidades de participar de atividades ligadas ao desenvolvimento de projetos tecnológicos, uma vez que se ocupam de pôr em funcionamento equipamentos e sistemas de produção comprados de países industrialmente desenvolvidos.

Essa característica da nossa engenharia – intimamente relacionada aos limites da engenharia nos países em desenvolvimento industrial (Kawamura, 1981) – é ainda mais forte na Engenharia de Produção, cujo programa de formação é muitas vezes desvinculado da base técnica do processo produtivo³, na medida em que prioriza conhecimentos da área de gestão e administração. Segundo

¹ Capítulo do livro: Duarte Francisco (org), Ergonomia e Projetos na Indústria de Processo Contínuo, Editora Lucerna, Rio de Janeiro 2002

² Na COPPE-UFRJ, o Programa de Engenharia de Produção foi criado em 1967 (Pardal, 1996). O curso de graduação em Engenharia de Produção na UFRJ teve início em 1971 e foi, juntamente com o curso da Escola Politécnica da USP, pioneiro no Brasil (UFRJ, 1985).

³ Na realidade, em diversas disciplinas da Engenharia de Produção, e em especial naquelas relacionadas ao estudo do trabalho, como a Engenharia de Métodos, os vínculos às bases técnicas, quando existentes, são principalmente com as indústrias de montagem, de base metal-mecânica. Os conhecimentos gerados são de aplicação bastante limitada em relação à sua utilização na indústria de processo contínuo, em cujo trabalho de operação predominam as dimensões cognitiva e coletiva.

Lima (1996), os engenheiros de produção se concentram em atividades de organização, racionalização e gerenciamento da produção, alimentando essa ideia de que a Engenharia de Produção, no Brasil se limita à administração dos processos produtivos.

Na perspectiva de projeto ou de desenvolvimento tecnológico em indústrias de processo contínuo (IPC), a complementaridade que estamos discutindo se faz entre a Ergonomia e uma Engenharia que lida com projetos de desenvolvimento tecnológico, ou seja, com projetos de novas usinas, de ampliação de unidades produtivas existentes ou de modernização tecnológica.

Nas IPC, esses projetos são geralmente liderados pelos engenheiros tradicionais e não pelos engenheiros de produção. Ora, na medida em que a Ergonomia se situa dentro da Engenharia de Produção, que, por sua vez, não deve ser reduzida a técnicas de gerenciamento e administração, ao discutirmos a complementaridade entre a Ergonomia e a Engenharia em projetos industriais, estaremos falando *a fortiori* da complementaridade entre a Engenharia de Produção e as Engenharias tradicionais. A Ergonomia se constitui numa das vias para que a Engenharia de Produção passe a ter um papel ativo e influente no êxito dos projetos tecnológicos da indústria nacional.

Os problemas da concepção industrial

A implantação de novas usinas e os projetos de modernização tecnológica nas IPC têm apresentado frequentemente resultados decepcionantes e criado dificuldades importantes tanto para os operadores quanto para as empresas:

- problemas de saúde e fadiga decorrentes da inadaptação dos meios de trabalho à atividade;
- riscos de acidente relacionados a dificuldades de representação do estado real das instalações, sobretudo durante os períodos iniciais de operação;
- insuficiência de formação dos membros das equipes de operação;
- disfuncionamentos quando da partida das instalações e longo tempo até a estabilização do funcionamento do processo;
- impossibilidade de fazer com que a carga efetivamente processada se aproxime da capacidade nominal definida em projeto;
- dificuldades, por todos esses fatores, em assegurar a qualidade prevista.

No atual contexto competitivo, com mercados cada vez mais incertos, fragmentados e de forte rigor financeiro, é imperativo que as novas unidades de produção entrem em funcionamento nas datas previstas, com quantidade e qualidade de produção asseguradas. Nesse contexto, os projetos de modernização tecnológica passam a ser cada vez mais frequentes e decisivos para a sobrevivência das empresas.

O conhecimento da realidade do trabalho vem se tornando uma dimensão estratégica para o êxito desses projetos, na medida em que possibilita antecipar problemas que o futuro corpo técnico de operação irá enfrentar. Ora, é sempre preferível resolver os problemas a frio, enquanto ainda existem margens de manobras para a criação de novas soluções. A inovação exige, no entanto, o diálogo interfuncional, ou seja, a comunicação entre os diversos especialistas que contribuem para a criação coletiva. Como dizem os especialistas em gerência de projeto, a inovação é o resultado de combinações, de compromissos entre diferentes lógicas: a do marketing, a financeira, a dos técnicos de diferentes especialidades e também daqueles que são responsáveis por fazer operar os sistemas de produção.

A necessidade de antecipação a questões relativas ao trabalho e de participação do futuro corpo técnico de operação nos projetos industriais confronta-se com a tradição taylorista de separação entre concepção e execução. Apesar de esse diagnóstico ser antigo, o desenvolvimento de metodologias de concepção alternativas e capazes de efetivamente operacionalizar essa antecipação e essa participação não o é. É o preenchimento dessa lacuna que se pretende com os desenvolvimentos recentes na área de ergonomia e projetos.

Não se trata de convocar operadores a se exprimirem sobre o que eles desejariam para as futuras unidades de produção ou a emitirem suas opiniões e críticas sobre as proposições dos engenheiros de projeto. Apesar de permitir algum progresso, esse tipo de envolvimento dos operadores conduz normalmente a proposições de transformação pouco eficazes ou pouco operacionais. Na maior parte das vezes, assiste-se a um diálogo de surdos entre os técnicos e os operadores. Proceder dessa forma não permite nem integrar às diferentes etapas de um projeto a dimensão do trabalho, nem tampouco superar as dificuldades em nível cognitivo, o que seria necessário para um trabalho fino, de imaginação e de construção de soluções.

Características de projetos industriais

A grande diversidade de tipos de projetos industriais torna praticamente impossível uma descrição desses projetos através de um modelo único. Diferenças marcantes podem existir em termos de amplitude e de natureza de cada projeto – relativamente ao montante envolvido, aos efeitos sobre os efetivos, às tecnologias empregadas, ao fato de se tratar de novas usinas, de modernização total ou parcial das instalações, ou ainda de transformações exclusivas do sistema de controle de processo (tais como a centralização e integração de salas de controle, automação, informatização) (Marie e Brumet, 1998).

Classicamente podemos dizer que um projeto industrial compreende diversas etapas sucessivas, com diferenças importantes entre elas em termos de objetivos, de nível de precisão, de detalhe técnico e de interlocutores envolvidos. O Quadro 1 apresenta as etapas de um projeto, bem como, suas características principais.

ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
Estudos preliminares	Realização de análise de viabilidade econômica e de oportunidade. Baixo custo e envolvimento de poucos técnicos. Divulgação restrita na empresa, por exigências de confidencialidade. Etapa em que ocorre a definição dos objetivos do projeto.
Estudos de base	Definição mais precisa dos meios de produção e de seu custo. Pequenas equipes, apesar do aumento do número de pessoas envolvidas. Elaboração de documentação funcional com os principais requisitos do projeto: especificações técnicas e memorial descritivo (anteprojeto). Etapa em que ocorre a decisão efetiva de investimento.
Detalhamento	Envolvimento de diversas especialidades (engenharias, arquitetura...), e aumento considerável do quadro de pessoas envolvidas.

	Rígida divisão de trabalho entre numerosos especialistas. Necessidade de compatibilização entre os diferentes subprojetos, com lógicas muitas vezes conflitantes. Custo elevado, representando até 30% do investimento. Produção de vasta documentação (plantas e cadernos de especificações técnicas). Etapa em que se definem os meios de trabalho com um grau de precisão tal que permita a realização do projeto.
Construção	Aumento do número de participantes e de equipes, com a inclusão de operários, tanto da empresa contratada quanto das empresas subcontratadas, o que exige importante trabalho de coordenação. Etapa de execução dos trabalhos e de reconcepção do projeto original em função da variabilidade no canteiro de obras e das próprias condições de trabalho de execução.
Testes e Partida	Testes, de acordo com procedimentos mais ou menos formalizados, de equipamentos e materiais instalados. Partida até a estabilização em funcionamento considerado estável e/ou obtenção da capacidade nominal.

Quadro 1. Etapas de um projeto industrial e suas características principais

A partir de participações em projetos, diversos autores como Daniellou (1988), Maline, (1997) e Pomian *et al.* (1997) chegam a uma constatação comum: frequentemente são subestimadas as necessidades reais do futuro corpo técnico de operação, impedindo que o trabalho se realize em condições de segurança e eficiência. Para isso concorrem principalmente dois fatores.

O primeiro é a complexidade decorrente de se levar em consideração o fator humano dentro de uma situação de projeto. O segundo reside no fato de que normalmente os projetistas supõem que sua representação do ambiente é idêntica à daqueles que vão operar o sistema de produção. A não-consideração da lógica de utilização reforça as dificuldades de adaptação e aumenta o risco de acidentes e de incidentes técnicos.

Os projetos de engenharia são, essencialmente, centrados nas componentes técnicas e econômicas concernentes ao produto, aos processos e equipamentos. Especificam-se, de maneira precisa, as quantidades desejadas de produção e as normas de qualidade. No entanto, muito poucas indicações são fornecidas sobre as características pretendidas em termos de organização do trabalho. O objetivo do projeto é assegurar o controle do sistema, mas não se consideram, na justa medida, as exigências do trabalho futuro e as restrições às quais estarão submetidos os futuros operadores e técnicos de manutenção.

Como já se sabe, uma característica tradicional dos projetos industriais é a separação entre a concepção e a execução. A não-consideração da situação real de trabalho e a visão teórica do trabalho decorrente dos métodos oriundos da organização científica do trabalho acabam por desprezarem o *savoir-faire* e o potencial de inovação que as pessoas da produção adquiriram com o tempo de serviço, fatores essenciais de acesso à confiabilidade operacional do sistema (Pomian *et al.*, 1997).

Em projetos de automação nas IPC, fica evidente o predomínio de uma perspectiva teórica em relação ao trabalho. Normalmente, esses projetos, em IPCs de alto risco, são pensados para o processo em duas situações: funcionamento estável e em grandes acidentes, ou mesmo catástrofes,

em que se faz necessária a evacuação completa da usina e, às vezes, até mesmo a retirada dos moradores de comunidades vizinhas.

Porém, na realidade, a maior parte das situações de trabalho vivenciadas pelos operadores estão situadas entre esses dois extremos. São situações que abrangem desde pequenos disfuncionamentos de certos equipamentos, mudanças de especificação de produtos, variações na composição química das cargas (matéria-prima), variações e anormalidades dos sistemas de utilidades, até situações mais complexas de quedas de energia ou de combinações de diferentes incidentes. A atividade dos operadores não se traduz, portanto, em mera vigilância das instalações: incessantemente eles antecipam disfuncionamentos e se valem de estratégias para a recuperação da estabilidade do processo.

A necessidade de integração entre as abordagens descendentes e ascendentes

A abordagem tradicional da engenharia se caracteriza como descendente, ou *top-down*. Uma vez definidos os objetivos de produção e os investimentos necessários, definem-se as grandes opções técnicas, os fluxos principais e seus gargalos. Embora muitos engenheiros e projetistas estejam convencidos da utilidade de estarem atentos ao funcionamento e às necessidades dos futuros usuários, isso só ocorre nas etapas finais de concepção, quando da definição das características das interfaces homens-máquinas e dos postos de trabalho de operação.

O trabalho é, nessa abordagem, considerado variável de ajuste e não variável de ação (Maline,1997). Ora, é como variável de ação que ele oferece de fato à empresa possibilidades de melhoria de desempenho e das condições de trabalho dos operadores.

Uma outra abordagem que pode ser classificada de ascendente, ou *bottom-up*, parte do princípio de que a consideração das condições de realização das atividades de trabalho, desde as etapas iniciais de um projeto, pode ajudar a esclarecer as escolhas a serem feitas em relação à concepção dos sistemas técnicos e dos postos de trabalho. Trata-se de uma abordagem complementar à abordagem descendente ou *top-down*. A Figura 1 indica a utilização simultânea dessas duas abordagens e a construção, durante o desenvolvimento do projeto, de um espaço para a consideração dos determinantes da atividade de trabalho.

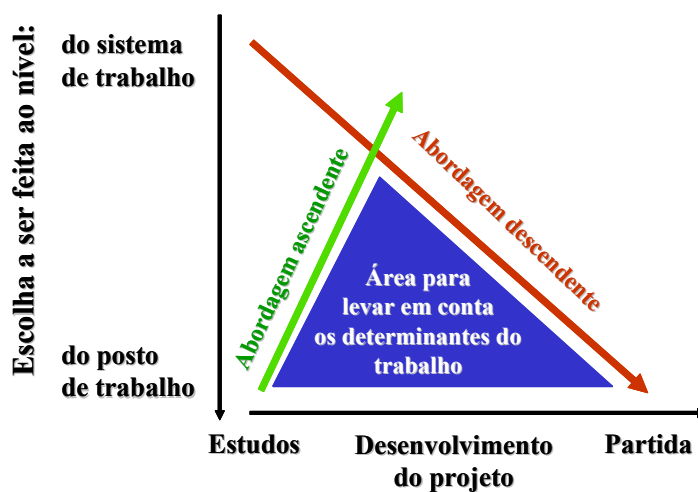


Figura 1. Articulação entre as abordagens Descendentes e Ascendentes

Fonte: Maline, 1997

Para fornecer aos chefes de projeto além de dados descritivos do trabalho efetivamente realizado em situações similares, um conjunto de hipóteses sobre o funcionamento futuro das instalações, é necessário considerar o momento de início da abordagem ascendente e seus objetivos (Figura 2).

Na Figura 2, a linha C representa essa abordagem ascendente, que por se ter iniciado muito tardiamente no projeto, só poderá fornecer informações restritas e relativas a detalhes dos postos de trabalho. A linha B representa uma abordagem ascendente que, apesar de ter tido início simultâneo ao do projeto, só vai encontrar-se com a abordagem descendente no final do projeto. Seus inconvenientes são os mesmos da abordagem representada na linha A: as margens de manobra para mudanças nos projetos são muito reduzidas, uma vez que as principais decisões já foram tomadas. Os gastos com a etapa de detalhamento já foram realizados e as transformações irão exigir custos adicionais.

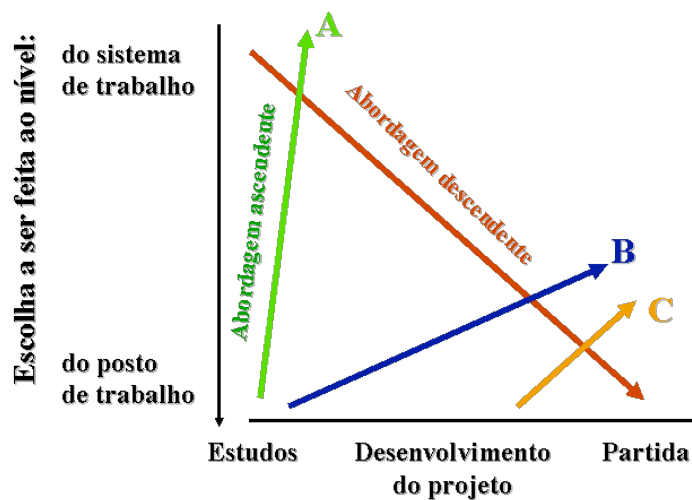


Figura 2. Articulação entre as abordagens Descendentes e Ascendentes

Fonte: Maline, 1997

Finalmente, na abordagem ascendente representada pela linha A, torna-se possível a reflexão com os chefes de projeto a respeito das opções principais que configuram o projeto. Essa abordagem tem como base a corrente da ergonomia cujo objeto de estudo é a atividade de trabalho, elemento central organizador e estruturante das componentes da situação de trabalho e resultado integrador das características técnicas, organizacionais e da população de trabalho efetuadas ao longo de um projeto (Guérin *et alli*, 1991).

A prática dessa ergonomia é fundamentada na análise do trabalho efetivamente executado em situações de referência⁴ e no fato de se colocar em evidência a variabilidade humana e industrial. Em outras palavras, trata-se de trazer ao projeto princípios de realidade das situações de trabalho (Wisner, 1972).

A partir da análise da atividade são construídos cenários que possibilitarão a simulação das condições de realização da atividade futura. As simulações realizadas nas diferentes etapas de um

⁴ Situações com características tecnológicas análogas às da que se está projetando. A conceituação de situação de referência, assim como a metodologia da ergonomia aplicada a projetos, é apresentada por Daniellou nesta publicação.

projeto permitem fazer emergir as diferenças entre as representações de cada um dos atores e as inter-relações entre os diversos aspectos do projeto, favorecendo a integração do conjunto.

Na realidade, em função dos domínios de competências dos diferentes atores envolvidos no projeto – e também em função de suas missões –, cada um desses atores desenvolve e defende representações, muitas vezes contraditórias em relação às dos outros, sobre o que deverá ser o futuro dispositivo de trabalho. Um modo de diminuir os riscos de incoerências funcionais é fazer com que a equipe de projeto busque não o consenso, mas sobretudo as diferenças indispensáveis à elaboração de compromissos.

O ponto de vista do trabalho instaurado a partir da abordagem ergonômica possibilita a emergência das diferentes lógicas, sempre presentes nos projetos, embora nem sempre consideradas. De acordo com Maline (*op. cit.*) um dos papéis essenciais dos ergonomistas ao longo de um projeto é prover de informações as escolhas técnicas e organizacionais, colocando em evidência as consequências prováveis sobre as futuras condições de realização do trabalho. Em outras palavras, eles atuam no sentido de apoiar os responsáveis técnicos do projeto nas tomadas de decisão, a partir de uma antecipação realista do que será o trabalho dos futuros assalariados.

A ação ergonômica em projetos pressupõe, além da construção técnica a partir da análise da atividade, uma construção social, ou seja, uma estrutura participativa de projeto fundada no envolvimento dos operadores e demais responsáveis pela produção. Com o objetivo de fazer com que as futuras instalações funcionem com maior eficiência e confiabilidade operacional, valoriza-se o capital de experiência e saber que a empresa foi construindo durante sua existência.

Referências Bibliográficas

- ABEPRO, (1998); *Boletim informativo da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Gestão 1998/1999.*
- Daniellou, F. (1988); *Ergonomie et projets industriels, Apostila do curso B4, Laboratório de Ergonomia e Neurofisiologia do Trabalho, CNAM, Paris.*
- Daniellou, F. (Org.) (1996); *L'ergonomie en quête de ses principes: débats épistémologiques,* Editora Octares, Toulouse.
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., Kerguelen, A. (1991), *Comprendre le travail pour le transformer: la pratique de l'ergonomie.* Edições ANACT, Montrouge.
- Kawamura, L. (1981) *Engenheiro: trabalho e ideologia,* Editora Ática, São Paulo.
- Lima, F. P. A. (1996); *Considerações a respeito da base tecnológica da Engenharia de Produção. Texto para discussão,* Belo Horizonte.
- Maline, J. (1997); *Simuler le travail: une aide à la conduite de projet,* Edições ANACT, Montrouge.
- Pardal, P. (1986), *140 anos de Doutorado e 75 de Livre – Docência no Ensino de Engenharia no Brasil,* UFRJ, Rio de Janeiro.

UFRJ, (1995); *Catálogo do curso de Engenharia de Produção*, Escola de Engenharia da UFRJ, Rio de Janeiro.

Wisner, A. (1972), *Le diagnostic en ergonomie ou le choix de modèles opérants en situation réelle de travail*. Relatório n°28, Laboratório de Ergonomia e Neurofisiologia do Trabalho, CNAM, Paris.