



# Integrando a ergonomia ao projeto de engenharia: especificações ergonômicas e configurações de uso

## *Integrating ergonomics to the engineering design: ergonomic specifications and usage settings*

Francisco Lima<sup>1</sup>  
Francisco Duarte<sup>2</sup>

**Resumo:** A contribuição da ergonomia aos projetos de engenharia é normalmente apresentada em manuais e normas técnicas cuja utilização é pouco efetiva. A integração da análise da atividade em projetos de engenharia procura ultrapassar as limitações das especificações ergonômicas, possibilitando o retorno de experiência das situações existentes ao projeto de novas situações, sem reduzir a complexidade da realidade de trabalho. Essa passagem é um problema ainda não resolvido, sobretudo, no contexto atual de subcontratação das etapas iniciais dos projetos de grande porte. Neste artigo, a partir da análise de situações de trabalho em plataformas *offshore*, esta passagem é formalizada por meio do conceito de configurações de uso: esquemas de utilização que preservem relações essenciais das situações reais, formuladas num nível mais elevado de abstração do que as especificações ergonômicas usuais e capazes de orientar a atividade dos projetistas e ergonomistas desde os estudos de base. Essas configurações se situam entre *guidelines* genéricos, pouco operacionais para os projetistas, e especificações detalhadas, aplicáveis somente nas etapas finais dos projetos. O objetivo final é atuar desde o início do processo projetual, quando as margens de manobra são maiores, por meio de especificações capazes de orientar as escolhas técnicas que determinam as condições de trabalho nas futuras plataformas.

**Palavras-chave:** Projeto centrado na atividade. Recomendações ergonômicas. Gestão de projeto. Plataformas de petróleo.

**Abstract:** *Because of the increasing outsourcing of primary stages in the design of oil platforms, ergonomics has been challenged to contribute, from the beginning of the design process, to the enrichment of the technical specifications of future platforms. The activity approach in ergonomics goes beyond the punctual guidelines of human factors approach, analyzing the existing situations without reducing the complexity of the work reality. By analyzing reference situations – operating platforms – we suggest the construction of settings of usage: schemes of usage that preserve the essential relations of actual situations, formulated at a higher level of abstraction, that are able to advise the activities of designers and ergonomists since early stage in the design of future petroleum platforms. These settings are not general guidelines, nor detailed specifications applicable to the final stages of projects.*

**Keywords:** *Activity centered design. Ergonomics guidelines. Project management. Oil platforms.*

## 1 Introdução: especificações ergonômicas para o projeto de base

A ergonomia contemporânea tem sido convocada a colaborar com os engenheiros de diferentes formas, fornecendo-lhes orientações gerais e específicas (princípios de projeto, normas e parâmetros ergonômicos) ou atuando diretamente nas equipes de projeto. Desde cedo, percebeu-se a necessidade de atuar a montante do processo de projeto, antes que sejam tomadas decisões irreversíveis ou que

auumentem o custo das adequações ergonômicas (DANIELLOU, 1988). Nesta corrente da ergonomia de concepção, este artigo trata de uma demanda pouco usual: atuar antes do projeto de base, fornecendo especificações mínimas, mas capazes de influenciar as soluções finais do projeto executivo. O desafio é levar a ergonomia da atividade, que foi desenvolvida a partir de análises detalhadas de situações concretas,

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Produção – DEP, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil, e-mail: fpalima@ufmg.br

<sup>2</sup> Programa de Engenharia de Produção – PEP, Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CP 68507, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, e-mail: duarte@pep.ufrj.br

a atuar em níveis mais amplos de generalidade antes do detalhamento do projeto, ou seja, atuar no momento de definição das diretrizes e conceitos de projeto, que subsidiam as especificações e o projeto de base. Partindo da análise de situações existentes e de especificações de projeto mais ou menos genéricas, avaliadas criticamente à luz das observações da atividade em situações de referência, propõe-se elaborar recomendações relativamente abstratas, aqui denominadas “configurações de uso”, menos detalhadas do que as especificações ergonômicas usuais, não obstante mais operacionais que orientações genéricas (como: “posicionar a válvula em local de fácil acesso” ou “minimizar o tempo de resposta do sistema de controle”), que pouco ajudam os projetistas. Podemos encontrar uma inspiração para esta proposta na obra *A Pattern Language* de C. Alexander (1977).

O conhecimento do trabalho em situações de referência permite antecipar problemas que o futuro corpo técnico de operação poderá enfrentar. A falta de memória técnica é um dos principais problemas em gestão de projetos (RABECHINI JUNIOR et al., 2011). Olhando para o passado e analisando situações presentes, pode-se recuperar a experiência acumulada e, assim, melhorar a curva de aprendizagem na operação das novas unidades, atingindo o funcionamento estável nas datas previstas, com a qualidade e a quantidade da produção asseguradas.

Ao mesmo tempo que aumentam as exigências sobre o projeto, vê-se a externalização desta função, antes verticalizada, agora organizada em complexos arranjos e redes de fornecedores e prestadores de serviços especializados. A falta de integração entre engenharia e funções de operação e manutenção é um problema ainda não resolvido pelas organizações, mesmo quando se trata de atividades internas (SALERNO; AULICINO, 2008). Com a subcontratação do projeto, o problema se complexifica, diminuindo o controle sobre o resultado final, uma vez que um mesmo escopo definido no estudo de base pode levar a diferentes soluções em termos de custo e qualidade. Para resolver este paradoxo – delegar o desenvolvimento do projeto, mas manter o controle sobre o desempenho do produto final – as empresas elaboram diversos procedimentos, do contrato tipo *production key* à definição precisa de diretrizes e critérios a serem satisfeitos pelo projeto. No entanto, ao proceder desta forma, a empresa contratante corre o risco, com o tempo, de perder ou interromper o desenvolvimento de sua experiência em projetos (VINCK, 2013).

Nossas reflexões resultam de um projeto realizado em parceria com uma grande empresa brasileira que subcontrata o desenvolvimento dos projetos e a fabricação de suas instalações industriais, mas procura manter o controle sobre a definição do projeto básico, a fim de garantir a segurança, o desempenho e a confiabilidade operacional. Embora

seja crescente o domínio de tecnologias específicas para o desenvolvimento de projetos das unidades de produção por parte das equipes de engenharia internas, como no caso das plataformas de produção em águas profundas, a transferência e a capitalização da experiência ainda são limitadas e dificultadas por aspectos característicos da empresa em seu momento atual: (i) o aumento rápido e concentrado em anos recentes da demanda de projetos de novas unidades; (ii) a forte restrição de tempo para o desenvolvimento destes projetos para atender à demanda crescente de produção; (iii) a grande quantidade de equipes, a diversidade de especializações envolvidas e as especificidades de cada projeto; (iv) O custo crescente e a transformação na forma de contratação da gestão e desenvolvimento dos projetos técnicos; e, finalmente, (v) a carência de análises sistemáticas das unidades em operação, dificultando o retorno das experiências anteriores para alimentar os projetos em curso.

A duração desta intervenção foi de dois anos e meio, dividida em duas etapas principais: a primeira consistiu de 10 visitas a uma mesma plataforma de petróleo durante o período de um ano. Nessas visitas, foi realizada a análise da atividade em setores considerados mais críticos em termos de condições de trabalho pelos operadores de produção e manutenção. Na segunda etapa deste projeto, foram realizadas visitas a outras plataformas e a validação das especificações ergonômicas pelos projetistas.

Para entender as dificuldades que a ergonomia encontra para responder a esta demanda, é interessante situar historicamente como os parâmetros ergonômicos e de saúde em geral se relacionaram com os projetos de engenharia, porque saúde e produção se separaram e porque esta integração coloca tantas dificuldades apesar da reconhecida demanda dos projetistas (item 2). O conceito de “configuração de uso” é exemplificado empiricamente e formalizado no item 4, após apresentarmos as abordagens atuais das duas principais escolas da ergonomia (fatores humanos e ergonomia da atividade) para atuar junto aos projetistas e seus limites (item 3). Na conclusão (item 5), discutimos como as configurações de uso permitem avançar e favorecer a integração entre projeto de engenharia e ergonomia.

## 2 Por que atuar no projeto: nas origens da ergonomia de concepção

As disciplinas do trabalho, no último século, acumularam importantes conhecimentos especializados que trazem melhorias significativas para a saúde, conforto e segurança dos trabalhadores. No entanto, seguindo uma tendência científica geral, a especialização crescente, que permite acumular e aprofundar o conhecimento, também cria

distanciamentos entre as disciplinas e entre estas e os problemas reais, os quais, evidentemente, não se restringem aos conhecimentos já acumulados e, sobretudo, não se articulam por simples agregação de conhecimentos especializados, sem um esforço de síntese. O real não procede analiticamente, mas sim em configurações complexas que colocam em xeque os conhecimentos disciplinares. Daí, de tempos em tempos, as propostas multi pluri transinterdisciplinares, que sempre se mostraram aquém dos problemas complexos que as inspiraram, como se a ciência se deparasse com limites intransponíveis, levam alguns a adotarem atitudes céticas sobre outros conhecimentos que não sejam disciplinares.

No campo das ciências do trabalho, estas tendências epistemológicas gerais produziram alguns efeitos perversos, interessando-nos mais aqui a separação entre pelos menos três campos disciplinares: 1) as ciências do homem (incluindo as da saúde e segurança); 2) as ciências da organização; e 3) as especialidades da engenharia, cada qual tratando de objetos específicos, que pouco a pouco deixaram de se comunicar. No caso da ergonomia, é emblemática a conhecida história de sua revalorização recente, no âmbito de projetos multidisciplinares desenvolvidos durante a II Guerra, na Inglaterra, para atender a demandas de natureza militar, decorrentes da ineficiência dos sistemas complexos.

O momento usualmente considerado como nascimento oficial da ergonomia na Inglaterra da Segunda Guerra nada mais é que um sintoma agudo dos problemas decorrentes da separação crescente entre disciplinas do campo da saúde (higiene, medicina, segurança e psicologia do trabalho) e as ciências do engenheiro e da organização. Ao contrário da crítica usual, Taylor, a crer em suas intenções, não negligenciava os aspectos ergonômicos e a carga de trabalho:

Na tarefa é especificado o que deve ser feito e também como fazê-lo, além do tempo exato concebido para a execução. [...] Estas tarefas são cuidadosamente planejadas, de modo que não obrigue o trabalhador a esforço algum que lhe prejudique a saúde. A tarefa é sempre regulada, de sorte que o homem, adaptado a ela, seja capaz de trabalhar durante anos, feliz e próspero, sem sentir os prejuízos da fadiga (1970, p. 51).

E não se trata apenas de uma simples intenção; Taylor considera esse objetivo como essencial e intrínseco ao método:

Se este homem torna-se fatigado com seu trabalho, então a tarefa está sendo mal determinada, coisa impossível na administração científica. (TAYLOR, 1970, p. 124, grifo nosso).

A organização científica do trabalho, que em seu tempo designava tudo o que hoje se entende por engenharia de produção, somente poderia ser racional se conciliasse, com rigor científico, a eficiência da produção e a saúde dos trabalhadores (LIMA, 2000). Provocativamente, mas com certa dose de acerto, Montmollin (1981) evidencia a “face humana do taylorismo”, atribuindo-lhe uma racionalidade universal: qualquer ciência que se propõe a organizar racionalmente o trabalho, incluindo a ergonomia, se situa na linha direta da organização científica do trabalho. Desse ponto de vista, queiramos ou não, somos todos herdeiros de Taylor! A questão que permanece é por que existe esta distância entre princípios e resultados práticos da organização científica do trabalho que são bem conhecidos.

Assim, no campo da saúde, se a medicina e a segurança do trabalho se separaram da engenharia, uma atuando apenas em seus efeitos danosos, outra lhes impondo normas e restrições, coube à ergonomia resgatar o compromisso de integrar saúde e produção, intervindo no projeto de situações de trabalho. Em Taylor, esta conciliação deveria ser garantida pelo projeto minucioso da tarefa, incluindo aqui procedimentos e instrumentos de trabalho, no interior de uma divisão hierárquica do trabalho entre organizadores/projetistas e trabalhadores/executantes. O projeto do trabalho ficava a cargo de técnicos especializados que devem oferecer condições para um trabalho eficiente e saudável, tudo devendo ser previamente planejado, para que o executante não tenha problemas a resolver nem se fatigue em excesso. O projeto científico da tarefa cria todas as condições necessárias para que o trabalhador desenvolva suas atividades com eficiência e segurança. Esta função de projeto da tarefa dos trabalhadores pode, eventualmente, contar com a contribuição dos próprios executantes, mas cabe aos técnicos da cronoanálise avaliar e definir os métodos racionais.

Nesse sentido, as metodologias participativas não rompem essencialmente com o taylorismo se se limitarem apenas a obter informações junto aos trabalhadores, sem transformar a própria função de projeto da tarefa. Para romper com o taylorismo, o projeto deve ser uma função reorganizada em uma nova divisão social do trabalho, não mais uma atribuição exclusiva dos projetistas e engenheiros. Dar conta da complexidade do projeto e da operação dos sistemas produtivos requer a cooperação entre saberes e especialidades diversas. A ergonomia contemporânea renasce com esta pretensão – propor recomendações aos engenheiros projetistas para incorporar o fator humano aos projetos tecnológicos –, mas não encontrou ainda os caminhos que permitem, de fato, integrar produção e saúde. O problema permanece e, em alguns casos, se agravou com as novas tecnologias.

Desde o final dos anos 1970, a automação e a modernização tecnológica de diversas unidades de produção industrial têm sido objeto de diferentes estudos de abordagem sociotécnica e ergonômica, que colocaram em evidência disfunções e problemas significativos relacionados à gestão e à concepção desses projetos (DU ROY; HUNAUT; TUBIANA, 1985; DANIELLOU, 1988). Por exemplo, é ainda comum que os projetos sejam tecnocentros, em outras palavras, que as decisões principais de um projeto de modernização tecnológica ou de construção de uma nova unidade de produção sejam dominadas predominantemente ou até exclusivamente pelas dimensões técnicas e econômicas. Os coletivos de projetos têm tendência a desenvolver ou a implantar uma máquina ou equipamento sofisticado, fazendo referência, frequentemente, a um modo de funcionamento nominal das instalações (EKLUND; DANIELLOU, 1991). Em função das competências dos projetistas e das restrições temporais e financeiras às quais eles estão submetidos, questões relativas à atividade futura dos operadores, quando tratadas, o são a reboque da dimensão técnica e somente nas etapas finais do projeto (CARBALLEDA, 1997).

Análises detalhadas em diversos estudos de caso colocam em evidência que os projetistas e gestores têm tendência a subestimar a diversidade dos modos de funcionamento das instalações (DANIELLOU, 1988). Diversos trabalhos (LAVILLE; TEIGER, 1972; ZARIFIAN, 1995; CLOT, 1998) sublinharam que, no cotidiano das situações de trabalho, numerosas formas de variabilidade são encontradas, em sua maioria, irredutíveis, ou seja, não podem ser eliminadas pelo projeto ou planejamento e controle da produção. Na indústria, elas dizem respeito às variações da qualidade da matéria-prima, das condições ambientais como umidade e temperaturas, poeiras, vibrações etc. Além disso, o desgaste dos equipamentos e o ambiente agressivo (como nas plataformas de petróleo) podem afetar o funcionamento e a confiabilidade dos sensores e dos sistemas de controle (DUARTE, 1994).

O funcionamento das instalações repousa, assim, sobre competências e estratégias individuais (levantamento de informações, raciocínios, elaboração de diagnósticos e prognósticos etc.) e coletivas (comunicações, trocas de informação, coordenação de ações etc.) desenvolvidas pelas equipes de operadores e de manutenção (DE KEYSER; DE CORTIS; VAN DAELE, 1988; WISNER, 1987; LLORY, 1996). Estas estratégias procuram, na medida do possível, gerir as diferentes formas da variabilidade industrial e antecipar as consequências das imprevisibilidades a fim de evitar os incidentes e acidentes. Na maior parte dos casos, no curto prazo, o desempenho do funcionamento das instalações é mantido, mas isso não significa, no entanto, que não exista um custo importante para a

saúde dos operadores (GARRIGOU et al., 1995), que deveria ser evitado em novos projetos.

Reconhecidas as demandas e a importância do aporte de conhecimentos ergonômicos para melhorar o desempenho dos sistemas tecnológicos, as abordagens que se desenvolveram a partir dos anos 1950 se dividem em torno da forma de atuação do ergonomista junto ao processo de projeto e de como os usuários finais, no caso de instalações industriais, os operadores de produção e de manutenção, são implicados na elaboração das recomendações ergonômicas.

### 3 Como a ergonomia contribui para o projeto de engenharia

A contribuição da ergonomia à engenharia pressupõe a produção de conhecimentos que sejam aplicáveis ao projeto, antes que certas decisões sejam materializadas de forma mais ou menos irreversível. Isso pode ser feito ou fornecendo conhecimentos sistematizados aos engenheiros ou com a atuação direta do ergonomista na equipe de projeto.

#### 3.1 As especificações dos fatores humanos

Uma primeira tentativa para reintroduzir os fatores humanos em projetos de engenharia se pautou pela definição de parâmetros fisiológicos e cognitivos aplicáveis aos diversos projetos. Os conhecimentos sobre o funcionamento do homem e sua relação com objetos, ambientes e instrumentos de trabalho, acumulados pela ergonomia, são apresentados em conhecidos manuais, atualmente com várias reedições (para citar alguns, em várias línguas, ver GRANDJEAN, 1983; IIDA, 2005; SALVENDY, 2012) que pretendem servir como base para projetos de engenharia. Mas o que, de fato, nos ensinam os manuais de *Human Factors*? Que auxílio efetivo, os manuais trazem aos engenheiros projetistas quando estes se deparam com problemas de projeto em sistemas complexos?

Limitando-os, aqui, ao projeto de instalações industriais, conforme serão exemplificados mais adiante, normalmente, os diferentes capítulos dos manuais estabelecem propriedades e parâmetros, considerando relações entre determinadas características ou funções humanas (como visão ou antropometria) e certos aspectos do ambiente de trabalho (cores, iluminação, espaços e dimensões dos postos de trabalho e equipamentos etc.). Para cada função humana específica, são definidos parâmetros de conforto e eficiência, selecionando os aspectos pertinentes do ambiente de trabalho. Assim, por exemplo, definem-se os níveis de iluminamento mínimos, em função do tipo da tarefa, ou as zonas de alcance de conforto, também em conformidade



com certas características das tarefas, como peso dos objetos ou precisão dos movimentos.

Subjacentes à profusão de dados e recomendações empíricas acumuladas nesses manuais e em normas técnicas, alguns princípios gerais podem ser evidenciados. Os parâmetros ditos ergonômicos vinculam propriedades físico-mecânicas dos instrumentos (como peso) a determinadas características fisiológicas e antropométricas gerais do ser humano, mais diretamente implicadas no sistema físico. Assim, por exemplo, o modelo de levantamento de cargas transforma o homem em um sistema de forças e alavancas, reduzindo a anatomia à coluna, esqueleto e musculatura de pernas e braços. Os modelos podem ser mais ou menos sofisticados, em termos de profundidade das descrições anatomofisiológicas e cinesiológicas, mas o resultado final é prescrever um modo operatório fisiologicamente correto para levantamento de carga, desconsiderando vários outros determinantes da situação de trabalho e da atividade que influenciam o ato de “levantar peso”, como: ritmo de trabalho; volume e forma do objeto a ser transportado; equilíbrio; espaço disponível; obstáculos; pontos e instrumentos de pega; rigidez do material; economia global do corpo (sobrecarrega-se a coluna para poupar os braços); exigências de produção; fragilidade do objeto; natureza do objeto (um enfermeiro não movimentava um paciente como de fosse “um saco de batatas”).

Em suma, abstrai-se o uso do corpo para levantar carga da atividade real e do contexto em que se desenvolve; homem, instrumentos e objetos são reduzidos a um sistema mecânico, no qual o trabalho e a atividade humana são equiparados ao conceito físico de trabalho. Por meio desses modelos simplificados, procura-se criar conhecimentos suficientemente genéricos que sejam aplicáveis a novas situações de projeto, como definir zonas de conforto, alturas de bancadas, dispositivos de acionamento de máquinas. Esses conhecimentos gerais seriam suficientes para orientar os projetistas e esgotariam as relações essenciais de um posto de trabalho no projeto, do qual seriam reunidos e sintetizados todos os aspectos anteriormente separados e tratados em relações específicas com o corpo humano: iluminação, acesso, força etc. Como os modelos explicativos e os conhecimentos gerados nascem de abstrações das situações reais, é natural, como na física, que os métodos privilegiados, senão exclusivos, sejam experimentais e as pesquisas desenvolvidas em laboratórios, com as variáveis dependentes devidamente controladas. Trabalhadores já foram representados por jovens do exército (WISNER, 1987); uma válvula simulada por um volante, independentemente das condições reais em que ela opera: tipo de produto; frequência de acionamento; lubrificação; pressão da linha; modelo da válvula; acessibilidade; agressividade

do ambiente etc. Na prática, a dificuldade para fornecer recomendações precisas ao projetista é que o esforço para manipular uma válvula dependerá da variabilidade dos trabalhadores (idade, condicionamento físico, biótipo, altura, tamanho das mãos, tipo de luvas etc.) e da variabilidade do ambiente e das condições de instalação, operação e manutenção. As insuficiências dessa abordagem dos fatores humanos, que tenta se antecipar às necessidades de projeto, sistematizando o conhecimento dito ergonômico, levaram ao desenvolvimento de outros modos de antecipação.

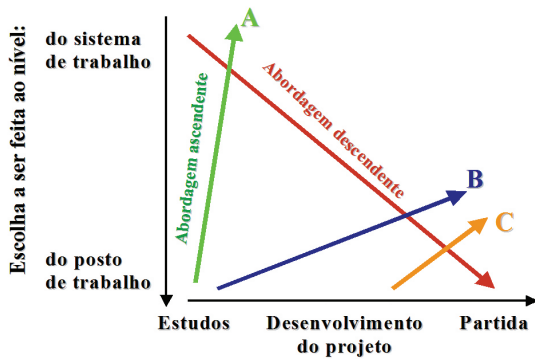
### 3.2 O ergonomista, um ator do projeto: modos de antecipação e participação

A abordagem tradicional da engenharia de projetos é essencialmente descendente, ou *top-down*, mesmo quando se afirma que há linhas de retroação (PUGH, 1990). Uma vez fixados os objetivos de produção e os investimentos necessários, definem-se as grandes opções técnicas e os fluxos principais. Embora muitos 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. O trabalho é, nesta abordagem, uma variável de ajuste e não variável de ação (MALINE, 1994). Porém, é como variável de ação que ele pode oferecer à empresa possibilidades de melhoria de desempenho e das condições de trabalho.

Outra abordagem, que pode ser qualificada de ascendente ou *bottom-up*, parte das condições de realização das atividades de trabalho, desde o início do projeto, para instruir as escolhas em relação aos sistemas técnicos e postos de trabalho. Trata-se de uma abordagem complementar à abordagem *top-down* (Figuras 1 e 2), cuja convergência institui, durante o projeto, um espaço para a consideração dos determinantes da atividade de trabalho. Para fornecer



Figura 1. Articulação entre abordagens descendente e ascendente (Fonte: Maline (1994)).



**Figura 2.** Diferentes articulações entre abordagens descendente e ascendente (Fonte: Maline (1994)).

aos chefes de projeto dados descritivos do trabalho efetivamente realizado em situações similares e um conjunto de hipóteses sobre o funcionamento futuro das instalações, é necessário considerar o momento do início da abordagem ascendente. Na Figura 2, a linha C representa essa abordagem ascendente que, por ter se iniciado muito tardiamente, só poderá fornecer informações restritas e relativas aos postos de trabalho. A linha B representa uma abordagem ascendente que, apesar de ter início simultâneo ao do projeto, só vai se encontrar com a abordagem descendente no final do projeto. Seus inconvenientes são os mesmos da abordagem representada pela linha C: as margens de manobra para mudanças são muito reduzidas. As principais decisões já foram tomadas. Os gastos com a etapa de detalhamento já foram realizados e as transformações irão exigir custos adicionais significativos.

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 combinação entre as duas abordagens permite compreender as inter-relações entre os diferentes componentes do projeto, ampliando a capacidade de antecipação e reduzindo, ao longo do processo de concepção, as incertezas relativas à eficácia do funcionamento futuro.

A abordagem ascendente tem como base a corrente da ergonomia centrada no estudo da atividade de trabalho, elemento central, organizador e estruturante dos componentes da situação de trabalho. A atividade de trabalho é a instância integradora das características técnicas, organizacionais e da população de trabalhadores definidas ao longo do projeto (GUÉRIN et al., 1991). A prática dessa ergonomia da atividade é fundamentada na análise do trabalho efetivamente executado em situações de referência (a própria instalação a ser modernizada, instalações existentes que possuam sistemas ou dispositivos similares aos que serão utilizados no futuro etc.) 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, 1987).

Nessa abordagem, busca-se conhecer em detalhes as diferentes fases da produção como as paradas e partidas das instalações e equipamentos, as fases de manutenção total ou parcial, as sazonalidades da produção, os sinais precursoros do modo degradado de funcionamento, os principais incidentes, anormalidades, não conformidades e emergências, em suma, as variabilidades industriais, correlacionando-as a indicadores de saúde dos operadores. Isto demanda interações com numerosos atores: os operadores e responsáveis pela produção e manutenção das instalações, serviços de qualidade, os níveis hierárquicos responsáveis pelas equipes de operação, pela segurança do trabalho etc. Nessas situações típicas de trabalho, são realizadas, pelos ergonomistas, análises da atividade de trabalho dos operadores, em especial, nas situações nas quais foram identificados problemas ou riscos para a *performance* das instalações ou para a saúde dos operadores. As descrições dessas situações são estruturadas sob a forma de cenários da atividade futura, constituindo uma espécie de biblioteca de situações, cenários que serão utilizados de diferentes maneiras conforme as etapas do projeto. Eles poderão enriquecer a abordagem descendente fazendo emergir as necessidades dos operadores em termos de funcionalidades, de características dos equipamentos, mas também da organização do trabalho e da formação. Podem também alimentar as simulações realizadas em etapas posteriores do projeto, fazendo 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 (DANIELLOU, 1992; GARRIGOU et al. 1995; BÉGUIN; WEILL-FASSINA, 1997; DUARTE, 2002).

Finalmente, é preciso enfatizar que 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. O objetivo é fazer com que as futuras instalações funcionem com maior eficiência e confiabilidade operacional, valorizando-se o capital de experiência e saber que a empresa foi construindo durante a sua existência. Desta maneira, tenta-se romper com a divisão social do trabalho, estabelecida desde Taylor, entre projetistas e executantes. O envolvimento dos fornecedores no desenvolvimento do projeto é também uma forma de reaproximar clientes e fornecedores (AMARAL; TOLEDO, 2000).

Em reação a esta separação entre projetistas e usuários (incluindo consumidores e trabalhadores), as empresas começam a redescobrir a importância

da contribuição dos trabalhadores na fase de projeto, o que se dá essencialmente segundo dois modos de participação: 1) **operador como informante**: quando se recorre a pesquisas de opinião, participação direta, sugestões, eventualmente a presença física do operador na equipe de projeto, mas assumindo apenas o papel de sujeito falante; sua contribuição é restrita à consciência imediata e ao que é conscientizável, em geral, ao que ele pode falar estando fora do lugar de trabalho; e 2) **operador como sujeito em ação**: a atividade aparece como mediação da explicitação de requisitos de projeto, exigindo a observação in situ para recuperar a prática e a experiência tácita dos trabalhadores.

#### 4 Configurações de uso: resgatar a experiência para antecipar

Para lidar com o paradoxo da ergonomia de concepção (como instruir um projeto futuro, ainda não materializado, se as análises ergonômicas devem necessariamente se realizar em situações concretas?), recorre-se à análise de situações de referência. Neste caso, análises específicas e suficientemente detalhadas contribuem diretamente para projetar novas situações. O problema se complica quando as recomendações não se destinam diretamente ao projeto executivo. Entre a situação de referência e a situação futura, deve-se, agora, interpor recomendações mais genéricas, mas não obstante efetivas para orientar o projeto final. Como, então, evitar recomendações excessivamente genéricas, que, no essencial, se limitariam a dizer que as situações futuras devem ser ergonômicas, mas, por outro lado, sem detalhar a solução para cada projeto, que é sempre singular? Além disso, como assegurar que as recomendações oriundas de situações atuais sirvam a novos projetos, se estes assumem novos *trade offs*? Como manter essas recomendações vivas, sabendo que o projeto inicial se transforma durante o ciclo de vida, dos estudos de base à execução e, posteriormente, no uso? De modo geral, a estratégia adotada pela ergonomia é atuar o mais cedo possível nos projetos.

##### 4.1 Identificando configurações de uso: como elaborar especificações de projeto baseadas na atividade

O princípio geral que orienta a cooperação entre ergonomia e engenharia é construir especificações de projeto baseadas na atividade, a partir de uma concepção forte da experiência que, da produção e do uso, migra para a função projeto. Contudo, por sua natureza situada, histórica e singular, esta experiência se apresenta ao mesmo tempo como recurso do projeto e como problema: congelar a experiência em especificações parece trair esse

princípio fundamental da ergonomia da atividade e se aproximar perigosamente da prática dos fatores humanos. Como, então, navegar entre orientações sobre o trabalho futuro e o conhecimento específico das situações atuais existentes? Até que ponto o que é atualmente provável determina as situações que se efetivarão no futuro?

As especificações ergonômicas somente serão eficazes na medida em que não criem constrangimentos definitivos para os futuros ergonomistas que deverão detalhar as novas instalações em parceria com os engenheiros-projetistas. Daí nossa opção por orientações oriundas da análise da atividade em situações reais em termos de “configurações de uso”. Se a experiência é a base essencial da análise da atividade, essencial não apenas para operar os sistemas tecnológicos, mas também para modificá-los e aperfeiçoá-los, seria uma contradição pretender projetar sistemas ergonômicos sem recorrer a esta experiência e, isto, de forma contínua, o que contradiz qualquer norma definitiva e obrigatória. Assim, as configurações de uso funcionam como conteúdos substantivos e roteiros para futuros projetistas dialogarem com futuros usuários, por meio da experiência dos usuários atuais. Pretendem induzir à reflexão e à construção de soluções de projeto para questões precisas do ponto de vista da atividade: Como os operadores operam esta válvula? Como a removem para dar manutenção? Como este instrumento (manômetro) se insere em sua atividade de modo a definir sua localização? As configurações de uso alimentam a dialética do projeto enquanto desenvolvimento permanente da conversação entre projetista e usuário mediada pelo instrumento e sua atividade, ou seja, pela atividade instrumental (BÉGUIN, 1994; RABARDEL, 1995). No entanto, devem ser suficientemente próximas da realidade para influenciar o projeto segundo a linha ascendente A (Figura 2), antes que sejam definidas especificações detalhadas.

Podemos nos inspirar na proposta de Christopher Alexander em sua segunda fase (ALEXANDER, 1966, 1981), quando busca identificar o que denominou de “qualidade sem nome” e “modo intemporal de construir”. Basicamente, este arquiteto, que abandona este título por não mais acreditar em projetos a priori, como no tempo de *A Síntese da Forma* (ALEXANDER, 1971), procura identificar configurações espaciais que funcionam, “boas formas” registradas em cada cultura e incorporadas na experiência de cada um de nós, que podem orientar concepções de novos espaços sem limitar a criatividade de cada época. De modo análogo, buscamos abstrair da análise de situações de ações características configurações de uso, situadas a meio caminho entre princípios gerais da ergonomia, e.g. como “facilitar o acesso ao operador”, e o detalhamento desse acesso em um dado projeto. Diferentemente de Alexander, que



para na relação intuitiva e atemporal com o espaço habitado, achamos que a análise da atividade atual possibilita avançar na descrição dessas configurações, formalizando parcialmente experiências negativas e positivas dos operadores, desenvolvidas no contato diário com as instalações, o que, em retorno, contribui para projetos mais adequados. A “boa forma” passa, assim, a ser um processo permanente de ajuste entre configurações de uso, o projeto detalhado e o uso real, conforme mostrado no caso abaixo.

## 4.2 Configurações de uso no lançamento e recebimento de PIGs

A análise da atividade de lançamento e recebimento de PIGs foi desenvolvida no âmbito de um amplo projeto de pesquisa, cujo objetivo era integrar a ergonomia ao projeto de novas plataformas, recuperando a experiência dos operadores de unidades em operação. O critério principal para escolha das atividades analisadas foi a penosidade, avaliada subjetivamente em termos de esforços, posturas e dificuldades de execução. Inicialmente, foram identificadas situações críticas, recorrendo a entrevistas e observações direcionadas. A operação e manutenção do sistema de lançamento e recebimento de PIG foram consideradas pelos operadores das equipes de produção e manutenção das plataformas estudadas, como uma das tarefas mais penosas devido à intensidade dos esforços para movimentação de válvulas, à criticidade das posturas e aos deslocamentos necessários, conforme será explicitado a seguir. Ao descrever este caso, procuramos demonstrar como a análise da atividade, ao associar avaliações subjetivas e objetivas, permite caracterizar situações penosas e identificar elementos típicos de uma configuração de uso, capazes de gerar recomendações utilizáveis em fases iniciais do processo de projeto.

PIGs são dispositivos deslocados no interior dos dutos, impulsionados pelo próprio fluido, para fazer a inspeção e o monitoramento de dutos, remover líquidos, prevenir a formação de depósitos orgânicos e inorgânicos ou remover sólidos depositados. A exploração de petróleo em águas profundas exige o aprimoramento dessa tecnologia e sua utilização constante, em especial para remoção mecânica da parafina que se forma devido às baixas temperaturas no interior dos dutos de transporte do óleo do poço para a plataforma. Na plataforma analisada como situação de referência, há 19 poços e, conseqüentemente, 19 linhas em produção, demandando 4 a 5 lançamentos de PIG por semana.

A fim de enriquecer as análises das situações de referência, o acompanhamento da atividade dos operadores de produção e de manutenção teve como suporte o *software* CAPTIV®. Além do registro em vídeo utilizou-se um cardiofrequencímetro do

tipo Polar® para registro da frequência cardíaca instantânea, utilizada como indicador de esforço físico. Simultaneamente e posteriormente aos registros em vídeo, foram realizadas verbalizações interruptivas e em autoconfrontação para compreensão do sentido das ações. Com esses registros de variáveis fisiológicas não pretendemos retomar o caminho já trilhado, sem sucesso, de medição da carga de trabalho (sobre isso, ver Montmollin (1986, 1995) e, sobre carga mental, o balanço recente de Jourdan e Theureau (2002)), mas tão somente mostrar como avaliações subjetivas e medidas quantitativas pontuais podem se combinar para caracterizar situações de penosidade. Essas medidas têm valor apenas relativo, servindo a comparações para um mesmo sujeito, em fases diferentes de sua atividade, ou entre operadores e funções diferentes (neste caso, entre operador de PIG e mantenedor). Por isso não nos preocupamos em realizar medições seguindo critérios estatísticos a fim de controlar fatores perturbadores, como a temperatura ambiente ou o condicionamento físico, que podem influenciar variáveis fisiológicas, em especial a frequência cardíaca.

Do ponto de vista metodológico, o essencial para a construção das configurações de uso, que contribuirão para o projeto das futuras plataformas, teve origem na análise da atividade com base nos registros e nas verbalizações dos operadores. O uso do cardiofrequencímetro (e dos dados fisiológicos aqui apresentados) ocorreu em um segundo momento, para apoiar a análise de problemas mencionados pelos operadores e caracterizados subjetivamente como “penosos”: os esforços realizados durante esta operação e a necessidade de implementar mudanças no sistema de PIG. O *software* CAPTIV® é o único, até o momento, que permite sincronizar do registro em vídeo o comportamento dos operadores em situação real de trabalho com dados fisiológicos coletados durante a atividade de trabalho. Neste caso, foi possível corroborar as avaliações subjetivas com as medidas objetivas, associando variáveis fisiológicas com etapas precisas da atividade. As dificuldades de acesso às plataformas de petróleo também nos levaram a buscar suportes de registros como este, pois parte das análises detalhadas podem ser realizadas a posteriori, desde que acompanhadas das autoconfrontações. As verbalizações dos operadores foram decisivas para revelar as dificuldades subjacentes aos esforços e posturas e as razões dos deslocamentos tais como: rigidez das válvulas manuais, numerosos deslocamentos para abertura do *by-pass* da válvula de segurança, as posturas para controlar a pressão sobre o manômetro.

Uma condição particularmente penosa está relacionada aos deslocamentos frequentes, subindo escadas, durante as manobras de lançamento/recebimento de PIG. Esses deslocamentos são



necessários para acessar os *by-passes* das válvulas de alívio de pressão (PSV), dois níveis acima do *deck* principal, no qual está o sistema de PIG. Durante o projeto, seguindo regras de segurança, optou-se por agrupar todas as PSVs dos diferentes sistemas operacionais em um mesmo local, acima do *deck* principal. A atenção à pressão interna do sistema PIG é, também, um dos aspectos críticos da atividade. Os deslocamentos até o *by-pass* da PSV asseguram que o sistema esteja realmente despressurizado. Embora o manômetro em cada estação de lançamento e recebimento (LP/RP) indique pressão baixa ou próxima de zero, o operador se desloca para abrir o *by-pass*, pois ele sabe que permanece uma pressão residual, causa, em outros momentos, de acidentes graves.

Na atividade de operação, pela análise da frequência cardíaca, foi possível ter uma representação do esforço físico envolvido na atividade. A análise do vídeo revelou algumas condições inadequadas: o operador fica com os braços levantados acima da linha dos ombros durante 49% do tempo de atividade; os deslocamentos correspondem, no lançamento, a 55% do tempo; no recebimento, a 58%. Esses percentuais elevados podem ser atribuídos à distância entre as estações LP/RP e o acionamento da válvula responsável pela principal despressurização da câmara (o *by-pass* da PSV), situada no terceiro piso acima do nível das estações LP/RP.

Outras situações típicas da operação sistemas de PIGs são a inserção e remoção dos PIGs e o fechamento da câmara de recebimento e lançamento (Figura 3). Conforme será discutido posteriormente, o reprojeto destes sistemas pode favorecer a realização dessas atividades.

A atividade de manutenção, por sua vez, exige posturas, movimentos e esforços, potencialmente prejudiciais do ponto de vista fisiológico e biomecânico, mais intensos do que na atividade de operação. O mantenedor mantém os braços acima do ombro 51% das 2 horas de trabalho analisadas, durante as quais ele fica mais de 30 minutos (27%)

amaciando válvulas, o que implica torções de tronco. O carregamento, sustentação e uso da bomba de graxa (17% do tempo da atividade) intensifica o esforço físico (a bomba pesa 10 kg).

Analisando o gráfico na Figura 4 (que apresenta trecho de cerca de 60 minutos de acompanhamento da atividade do mantenedor), percebe-se o súbito aumento da frequência cardíaca (seta 1) devido à utilização da bomba de graxa. Percebe-se também outra elevação súbita ao iniciar o amaciamento das válvulas (seta 2); em seguida, a frequência se estabiliza próxima a 180 bpm (setas 3), o que indica que o mantenedor realiza esforço considerável também nesta fase da atividade.

### 4.3 Do diagnóstico às recomendações de projeto

Com base nos resultados dessa análise, diversas recomendações para o projeto de base foram construídas. Algumas delas apresentamos aqui. A primeira questão a ser ressaltada é a constatação dos diversos deslocamentos durante a atividade, mais desgastantes porque implicam subir e descer escadas. Esta constatação deu origem à seguinte recomendação:

A localização da válvula de *by-pass* da PSV próxima e no mesmo nível de elevação das câmaras de lançamento e recebimento de PIG reduz o deslocamento do operador durante a execução do lançamento e do recebimento de PIG. São dois deslocamentos a se considerar: um para ativar/desativar o *by-pass*; outro para verificação do manômetro da câmara, que fica junto a ela, mas cuja informação deve ser acessada durante o *by-pass*.

Essa constatação da necessidade do operador acompanhar a medida de pressão no interior da câmara deu origem à seguinte recomendação: “A disposição do manômetro da câmara deverá facilitar a sua visualização pelo operador quando ele manuseia a válvula de *by-pass* da PSV.”

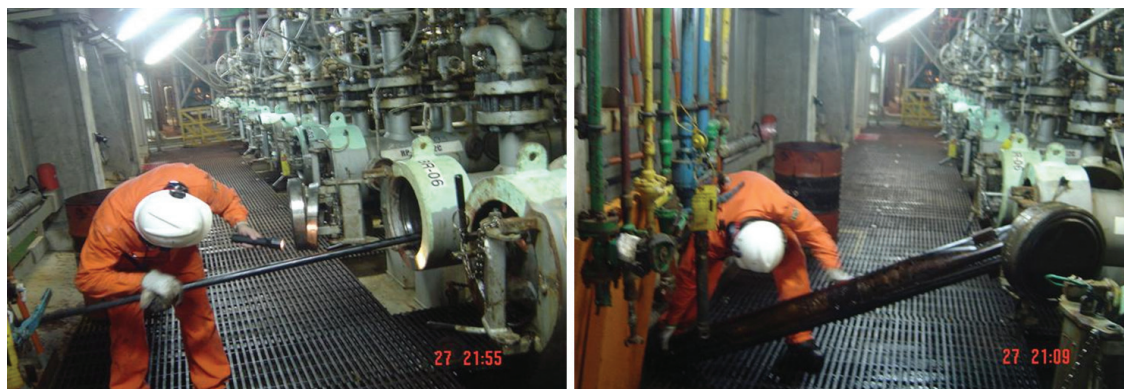


Figura 3. Inserção e remoção do PIG. (Fonte: Remiro (2009)).

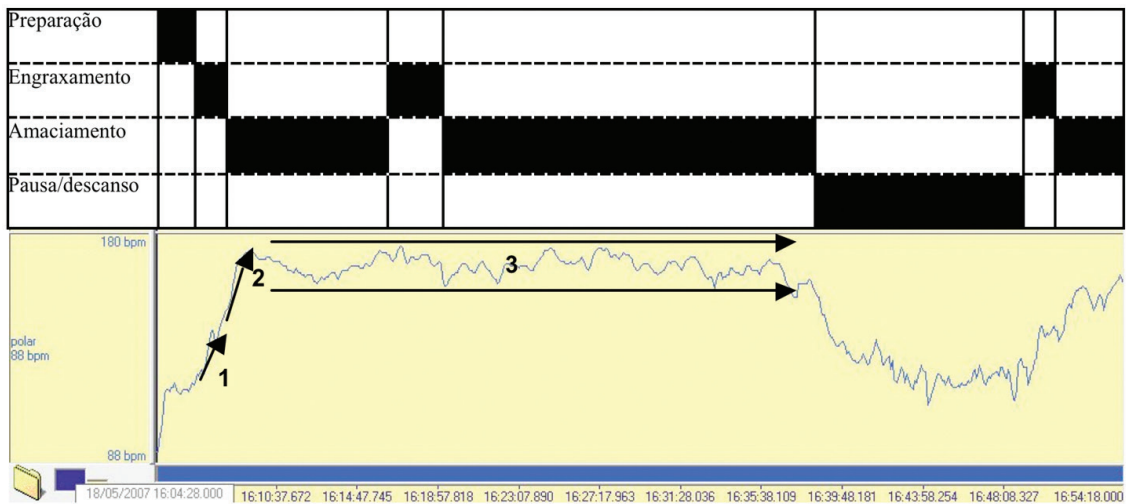


Figura 4. Integração entre as fases da atividade e frequência cardíaca. (Fonte: Remiro (2009)).

Devido às dificuldades para inserção/remoção dos PIGs e fechamento da câmara de recebimento e lançamento, recomenda-se, por exemplo: (i) “A área em frente às câmaras deve ficar o mais livre possível de tubulações ou volantes de válvulas. Prever espaço para utilização dos dispositivos tais como bastões e cesta de recebimento”; (ii) “O dispositivo de tranca da portinhola deve permitir um fechamento rápido e com pouco esforço, assim como o material e a estrutura da portinhola não devem permitir o seu empeno durante sua manipulação”.

O percentual de tempo em que operador e mantenedor ficam com o braço acima da linha do coração e a variação da frequência cardíaca durante essa atividade justificaram a seguinte recomendação:

As válvulas do sistema PIG devem ser posicionadas em locais de fácil acesso e em alturas favoráveis aos operadores (considerando o padrão antropométrico da população envolvida nas operações deste sistema). Além disso, é recomendável que a determinação da altura das válvulas do sistema PIG leve em consideração a frequência de uso, o tipo e o esforço realizado para o manuseio de cada uma delas.

O projeto das válvulas do sistema PIG deve, assim, se orientar pelas recomendações tradicionais dos manuais de fatores humanos, mas reconsideradas em configurações de uso abstraídas da atividade real do operador e do mantenedor, que acrescentam novos princípios: 1) proximidade das válvulas; 2) localização em um mesmo nível; 3) posição relativa do manômetro; 4) altura das válvulas (sobretudo para o mantenedor). Desses princípios, apenas a altura é mencionada em recomendações dos manuais, pois é visível mesmo em modelos físicos da relação corpo/objetos de trabalho. Os outros, que dizem respeito à

dinâmica da atividade, não são sequer mencionados, lacuna que as configurações de uso permitem suprir.

## 5 Conclusão

A preocupação de fornecer orientações aos engenheiros de projeto é compartilhada pela ergonomia dos fatores humanos e pela ergonomia da atividade. No entanto, ao fornecer recomendações e parâmetros de projeto isolados de situações reais de trabalho, o que se ganha em detalhamento de precisão técnica, perde-se em pertinência prática para as diferentes categorias de trabalhadores. As análises de situações de referência permitiram identificar dificuldades, como no caso do sistema PIG, que podem ser evitadas se certas configurações de uso forem antecipadas desde as etapas iniciais do projeto como o estudo de base.

Mas não se pode confundir recomendações em termos de configurações de uso nem com as especificações ergonômicas oriundas de análises da atividade em situações de referência, (DANIELLOU, 1988, 1992), e tampouco com os *guidelines* típicos dos manuais de *human factors* e normas técnicas que têm valor prescritivo. A identificação de configurações de uso propostas para instruir o projeto básico não substitui os futuros ergonomistas que atuarão na equipe de projeto, ao lado dos engenheiros-projetistas, tampouco desconsidera a construção social necessária em qualquer intervenção ergonômica. Apenas fornecem orientações básicas para que o trabalho dos futuros usuários seja considerado desde o início do projeto e, desta forma, sejam antecipados problemas, no caso das plataformas, de esforços e posturas inadequadas, dificuldades de acesso e deslocamentos, dificuldade de execução (ou operacionalidade/funcionalidade), riscos de acidentes etc.

Essas recomendações tornam-se tanto mais necessárias em função das estratégias de condução do projeto de uma plataforma, que envolve centenas de fornecedores de diversos equipamentos e se desenvolve em tempos cada vez menores. Também em caso de sistemas de alta tecnologia, fabricados por fornecedores especializados (válvulas, motobombas, turbogeradores etc.), há uma tendência a se negligenciarem aspectos que não sejam especificamente técnicos, dentre eles as especificações ergonômicas. Com a identificação de configurações de uso, as especificações e o memorial descritivo do projeto contratado com os fornecedores serão enriquecidos e as decisões a montante, desde a licitação, propiciarão um espaço de manobra mais amplo para que os projetistas considerem a atividade real a jusante.

Os desafios para a construção dessas especificações técnicas na forma de configurações de uso são muitos e diversas questões se colocam, em especial, no que diz respeito entre a natureza estática e congelada das especificações e a natureza dinâmica e criativa do projeto. Mencionamos a dialética do projeto enquanto desenvolvimento permanente da conversação entre projetista e usuário mediada pelo artefato e sua atividade, ou seja, pela atividade instrumental (BÉGUIN, 1994). No decorrer desta pesquisa, um desafio se impôs: o de conhecer mais profundamente a atividade dos projetistas das áreas de acomodações e dos diferentes subsistemas de plataformas contemplados pelas configurações de uso geradas a partir das análises das situações de referência, que ainda precisam ser validadas pelos projetistas enquanto usuários desses instrumentos de trabalho. No entanto, uma certeza se reafirmou: partindo da crítica de tentativas de integrar a ergonomia ao projeto e tendo como base intervenções e estudos de caso realizados em uma empresa de petróleo, mostramos como a análise sistemática da atividade pode oferecer uma base efetiva para que a ergonomia seja integrada desde os momentos iniciais do processo projetual, questão ainda pouco trabalhada seja na ergonomia dos fatores humanos, seja na ergonomia da atividade.

Embora o conceito de configuração de uso tenha sido desenvolvido a partir de projetos realizados no setor petroquímico, sua aplicação pode ser generalizada a qualquer projeto de grande porte, no qual, devido ao distanciamento entre usuários e projetistas no tempo e no espaço, se colocam dificuldades para tornar mais efetivo o retorno de experiência.

## Agradecimentos

Este artigo é de responsabilidade dos dois autores que cunharam o conceito de configuração de uso, gerado durante a realização de projetos de pesquisa, envolvendo, em diferentes momentos, diversos outros pesquisadores, aos quais gostaríamos de agradecer: Cláudia Cordeiro, Carolina Souza, Thales Paradela,

Rafael Remiro, Gislaíne Silva, entre outros. Sua formalização atual também não seria possível sem as discussões, por vezes acaloradas, mas amistosas, com José Marçal Jackson e Pascal Béguin.

## Referências

- ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of the form**. Cambridge: Harvard UP, 1966.
- ALEXANDER, C. **A pattern language**. New York: Oxford UP, 1977.
- ALEXANDER, C. **El modo intemporal de construir**. Barcelona: Gustavo Gili, 1981.
- AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. Colaboração cliente-fornecedor no processo de desenvolvimento de produto: Estudo de casos na indústria de autopeças. **Gestão & Produção**, v. 7, n. 1, p. 56-72, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2000000100005>
- BÉGUIN, P. **De l'individuel au collectif dans les activités avec instruments**. 1994. Tese. (Doctorat d'Ergonomie)-Laboratoire d'Ergonomie du CNAM, Paris, 1994.
- BÉGUIN P.; WEILL-FASSINA, A. **La simulation en ergonomie: connaître, agir et interagir**. Toulouse: Octarès, 1997.
- CARBALLEDA, G. **La contribution des ergonomes à l'analyse et à la transformation de l'organisation du travail: l'exemple d'une intervention dans une industrie de process continu**. 1997. Tese. (Doctorat d'Ergonomie)-Laboratoire d'Ergonomie du CNAM, Paris, 1997.
- CLOT, Y. **Le travail sans l'homme? Pour une psychologie des milieux de travail et de vie**. Paris: La Découverte, 1998. PMCid:PMC1376948
- DANIELLOU, F. Ergonomie et démarche de conception dans les industries de process continus, quelques étapes clefs. **Le Travail Humain**, v. 51, n. 2, p. 184-194, 1988.
- DANIELLOU, F. **Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception**. 1992. Tese (D'Habilitation à diriger des recherches)-Université de Toulouse, Paris, 1992.
- DE KEYSER, V.; DE CORTIS, F.; VAN DAELE, A. The approach of Francophone Ergonomy: studying New Technologies. In: DE KEYSER, V. et al. (Ed.). **The meaning of work and Technological options**. London: John Willey & Sons, 1988. PMCid:PMC1050468
- DU ROY, O.; HUNAUT, J. C.; TUBIANA, J. **Réussir l'investissement productif**. Paris: Editions d'Organisation, 1985.
- DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projetos nas indústrias de processo contínuo**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.
- DUARTE, F. J. C. M. **A análise ergonômica do trabalho e a determinação de efetivos**. 1994. Tese. (Doutorado)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.
- EKLUND, J. A.; DANIELLOU, F. Ergonomics and project management: Important aspects in the planning management. In: QUÉINNEC, Y.; DANIELLOU, F. (Eds.). Congress of IEA, 11., 1991, London. **Anais...** London: Taylor and Francis, 1991. p. 1329-1331.
- GARRIGOU, A. et al. Activity Analysis in Participatory Design and Analysis of Participatory Design

- Activity. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 15, p. 311-327, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0169-8141\(94\)00079-I](http://dx.doi.org/10.1016/0169-8141(94)00079-I)
- GRANDJEAN, E. **Précis d'Ergonomie**. 2. ed. Paris: Les éditions d'Organisations, 1983.
- GUÉRIN, F. et al. **Comprendre le travail pour le transformer**. Paris: ANACT, 1991.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- JOURDAN, M.; THEUREAU, J. (Org.). **Charge mentale: notion floue et vrai problème**. Toulouse: Octarès, 2002.
- LAVILLE, A.; TEIGER, C. Nature et variations de l'activité mentale dans les tâches répétitives : essai d'évaluation de la tâche de travail. **Le Travail Humain**, v. 35, n. 1-2, p. 99-116, 1972.
- LIMA, F. P. A. Ergonomia e projeto organizacional: a perspectiva do trabalho. **Produção**, v. 9, p. 71-98, 2000.
- LLORY, M. **Accidents industriels: le coût du silence**. Paris: L'Harmattan, 1996.
- MALINE, J. **Simuler le travail**. Paris: Editions de l'ANACT, 1994.
- MONTMOLLIN, M. **L'intelligence de la tâche**. Berne: Perter Lang, 1986.
- MONTMOLLIN, M. **Le taylorisme à visage humain**. Paris: PUF, 1981.
- MONTMOLLIN, M. Charge de travail. In: MONTMOLLIN, M. **Vocabulaire de l'ergonomie**. Toulouse: Octarès, 1995.
- PUGH, S. **Total design: integrated methods for successful product engineering**. Harlow: Addison-Wesley Publish Company, 1990.
- RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995.
- RABECHINI JUNIOR, R. et al. A organização da atividade de gerenciamento de projetos: Os nexos com competências e estrutura. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 2, p. 409-424, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2011000200014>
- REMIRO, R. R. L. **Determinantes da carga física de trabalho em plataformas de petróleo: o caso da Operação do Sistema de Pig**. 2009. Dissertação (Mestrado)-Programa de Engenharia de Produção, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, *Universidade Federal do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 2009.
- SALERNO, M. S.; AULICINO, M. C. Engenharia, manutenção e operação em processos contínuos: elementos para o projeto de fronteiras organizacionais móveis e interpenetrantes. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 2, p. 337-349, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2008000200010>
- SALVENDY, G. **Handbook of human factors**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 2012. PMID:22931173. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118131350>
- TAYLOR, F. W. **Princípios da administração científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1970.
- VINCK, D. **Os engenheiros no cotidiano**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2013.
- WISNER, A. **Por dentro do trabalho, ergonomia: método e técnica**. São Paulo: FTD: Oboré, 1987.
- ZARIFIAN, P. **Le Travail et l'événement**. Paris: Harmattan, 1995. PMID:7731538