5

A aquisição da informação

Receptores e investigadores

Luc Desnoyers

O desenvolvimento de uma atividade de trabalho faz uso de alças de retroalimentação que implicam um retorno de informação a partir dos próprios efeitos da atividade do operador. É o que nos levava a deduzir a aplicação da cibernética à fisiologia e depois à ergonomia, e o que preconiza o modelo do sistema homem-máquina. Neste, a máquina é considerada emissora de informações e o homem é considerado o receptor delas; as primeiras versões do modelo se limitavam aliás a essa distribuição um tanto estereotipada dos papéis.

A fisiologia nos impôs uma concepção de nossos órgãos ditos sensoriais que os reduzia ao papel de receptores, enquanto a teoria da informação nos levou a crer que estes só podiam ser postos em atividade por emissores. Como todo modelo, este é redutor, mas o pior é que ele se revela também como fonte de distorções significativas da realidade. No caso que nos interessa, o da atividade, e sobretudo o do trabalho, ele não leva em conta as realidades da condução da atividade pelo operador. Este não é um simples captador, um simples receptor, mas em vez disso o ator principal da aquisição de informação. Essas informações são ativamente, intencionalmente, procuradas e selecionadas no meio. O desencadeamento de uma ação é necessariamente precedido da aquisição de informação que situa o operador no espaço-tempo do sistema em que ele age; a continuação da ação é necessariamente acompanhada por uma coleta contínua de informações. É o que tentaremos explicar nas linhas que seguem, examinando certos aspectos da aquisição de informação visual, auditiva e mecânica[1]; sublinhemos de imediato que nos limitaremos a uma perspectiva "sensório-motora", deixando para outros a questão do tratamento da informação e da atenção, através da qual o operador escolhe e segue certos sinais em vez de outros. Mesmo assim poderemos, dentro da perspectiva a que nos limitaremos, ressaltar as pistas de ação que se apresentam ao ergonomista encarregado de trazer melhorias às situações de atividade e, portanto, da aquisição de informação.

---

[1] Seria pertinente abordar também a busca de informação olfativa, mas as limitações impostas por um livro como este e os poucos estudos que foram realizados nesse campo nos levaram a deixar de lado esse aspecto.

A aquisição de informação visual

Todo o nosso meio ambiente material é dotado de uma capacidade de refletir a luz e, na presença de uma fonte luminosa, se torna um megaemissor de imagens virtuais lançadas em todas as direções. Assim que a pálpebra se abre, o olho é metralhado de todos os lados, numa cacofonia (conviria quem sabe dizer em vez disso uma "cacopsia") indescritível, na qual é necessário pôr ordem. O instrumento dessa aquisição é o olhar. "Meu trabalho consiste em fazer que vocês olhem o que irão ver", diz um personagem de Sempé.

O olhar é um gesto motor, uma atividade. Além do trabalho mental que efetua a análise da informação coletada, é um trabalho físico, já que a aquisição de informação só é possível se o operador fizer inicialmente certos ajustes motores de seu órgão dito "sensorial". Isso implica um ajuste muscular no cristalino, a acomodação, que serve para pôr em foco um dado objeto. Na sua ausência a imagem ficaria sem definição e, portanto, inutilizável. Essa regulagem é acompanhada pela convergência, que faz os dois olhos se concentrarem no mesmo objeto, evitando a duplicação da imagem que um aparelho binocular mal regulado produz. A ação se completa pela regulagem da íris, que adapta a abertura do olho com relação ao nível de luz ambiente, ajustando a iluminação retiniana à sensibilidade da retina, evitando na medida do possível tanto a superexposição ofuscante quanto a subexposição.

Mas esse trabalho físico só se desencadeia na medida em que o operador dirige sua atenção para um dado alvo. E é principalmente o olhar que expressa essa atenção. Esse olhar se realiza por um conjunto de ações motoras: movimentos de orientação dos olhos na direção do objeto da atenção, movimentos da cabeça sempre que a distância angular entre o alvo e o olho ultrapassa um certo limiar, e até movimentos do tronco ou mesmo deslocamentos do corpo. Em outros casos, nas tarefas de precisão realizadas em pequenos objetos, é a imobilização do corpo todo, às vezes custosa e árdua, que será escolhida para permitir o exame visual. O olhar pode ser solicitado de modo reflexo: as remanescências de sistemas de defesa antigos fazem com que o olhar se volte de maneira automática para todo objeto que se move ou brilha, o que a retina periférica detecta com alta sensibilidade. Mas ele é também dirigido de modo intencional, pelo planejamento e controle contínuo que o operador efetua sobre sua atividade. O olhar se integra à atividade de um tal modo que o estudo das direções do olhar revela a própria natureza da atividade.

Isso explica por que, para o ergonomista, o estudo da direção do olhar é uma ferramenta tão útil. Os meios que estão à sua disposição são variados: desde a observação direta por um investigador colocado em frente ao operador e que anota os alvos visados pelo olhar num suporte papel-lápis, eventualmente num suporte informatizado, passando pela gravação em vídeo das atividades e seu longo e minucioso exame, e pelo registro dos movimentos oculares superposto ao da cena visual. Numa situação particular, por exemplo, usamos o estudo da localização do feixe da lanterna no capacete dos mineiros nas paredes das galerias como indicador dos alvos visuais escolhidos por esses operadores (Desnoyers e Dumont, 1993).

O estudo das direções do olhar permite caracterizar a aquisição de informação visual. Por um lado, permite um estudo dos alvos visados, das fontes de informação. A compilação da duração e da freqüência de consulta a cada fonte potencial, permite identificar aquelas que são efetivamente levadas em conta pelo operador e as que não são (com freqüência em contradição com o que a tarefa prevê ou prescreve), aquelas que são privilegiadas, e isso

devido às diferentes operações, às quais ele se dedica. Um estudo nesses moldes guia tanto a concepção do trabalho, quanto o arranjo físico do posto onde ele é efetuado, seja num console onde é feito o controle da operação de um sistema, seja numa máquina-ferramenta servindo para a usinagem de peças. Por outro lado, o estudo comparativo das estratégias de aquisição de informação (ordenamento espacial e temporal das direções do olhar) permite extrair os efeitos de fatores característicos das situações de trabalho e, por exemplo, da experiência do operador sobre a maneira de conduzir uma atividade. A comparação entre profissionais novatos e experientes foi utilizada em mais de um setor e permite eventualmente guiar a escolha dos conteúdos de programas de formação profissional.

Mas o objetivo que o ergonomista busca não é compreender como se faz a aquisição de informação visual. Ele deve procurar facilitar o processo, ou seja, melhorar a visibilidade da tarefa. Isso implica intervenções em três conjuntos de fatores.

O ator do olhar tem direito às primeiras considerações. Não se trata aqui de selecionar os operadores, considerando suas capacidades visuais em relação às supostas exigências da tarefa. Por um lado, as tarefas que exigem uma função visual perfeita são provavelmente raras e, por outro as tabelas que estabelecem listas de competências visuais para diferentes empregos parecem não ter fundamento científico, resultando não de uma análise rigorosa da atividade, mas, em vez disso, da avaliação pessoal de um oftalmologista em relação a categorias de emprego. Convém, no entanto, se assegurar que a visão de cada operador esteja otimizada, e o uso de correções óticas deve não só compensar os resultados negativos da miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia, mas também fazê-lo adequadamente em relação às exigências da tarefa. Em relação a isso, a necessidade de correções eficazes para as distâncias intermediárias de visão (50 cm – 1 m) impõe-se cada vez mais, tendo se tornado muito evidente pelo desenvolvimento da informática. Além disso, é preciso se preocupar com os efeitos secundários, para a aquisição de informação, do uso de protetores oculares. A armação dos óculos de proteção, suas abas laterais, certos tipos de protetores em concha ou em máscara facial podem restringir o campo visual, o que sempre constitui um fator de risco (Desnoyers e Le Borgne, 1982).

O segundo conjunto de fatores diz respeito ao meio óptico. Trata-se, antes de mais nada, de garantir um nível de iluminação adequado (cf. cap. 6). Esse nível deve levar em conta a natureza da tarefa: um trabalho de inspeção requer habitualmente uma iluminação mais intensa que o porte do mesmo produto. Deve levar em conta as exigências impostas ao operador; assim, uma inspeção que precisa eliminar todas as peças defeituosas requer mais luz que outra, na qual a margem de erro aceitável é maior. O nível deve em seguida levar em conta a refletância do ambiente e do objeto olhado: trata-se de assegurar uma certa luminância dos alvos visuais, e quanto mais fraca a sua refletância, mais alto deverá ser o nível de iluminação. É importante ainda para definir o nível de iluminação levar em conta a idade do operador (Desnoyers, 1995); o envelhecimento acarreta uma diminuição acentuada da transparência dos meios óticos do olho e, para obter a mesma iluminação retiniana, é preciso progressivamente aumentar a iluminação do ambiente. É preciso enfatizar que as normas de iluminação em vigor nem sempre levam em conta esse conjunto de fatores, limitando-se às vezes (é o caso no Québec) a prescrever apenas um dado nível por categoria de tarefa. As normas adequadas são as que prevêem parâmetros máximos e mínimos, entre os quais é possível navegar de acordo com as necessidades pontuais.

Todavia, não se deve considerar apenas o *nível* da iluminação. Sua *disposição* eficaz exige que a luz seja distribuída de modo eficaz. Os altos níveis de iluminação requeridos

em certos casos são melhor obtidos por fontes complementares, dirigidas para os objetos do trabalho. A localização das lâmpadas e sua orientação devem ser feitas de modo a evitar que interfiram no olhar: trata-se aqui de evitar tanto o ofuscamento como fonte de desconforto quanto o que será fonte de perturbação na aquisição de informação. A escolha das lâmpadas deve levar em conta o trabalho; assim, fontes fluorescentes podem provocar cintilações perturbadoras em ferramentas em rotação, enquanto as fontes coloridas interferirão na percepção das cores. Sempre que possível, convém dar um lugar de destaque à luz natural, para a qual o olho se desenvolveu ao longo da evolução. Mas essa iluminação natural deve ser bem controlada: o sol é o emissor mais potente, ao qual podemos ser expostos. Obtém-se um controle particularmente eficaz da iluminação solar, dotando as janelas de persianas com lâminas horizontais: permitem bloquear eficazmente os raios solares quando não são desejados, ou ao contrário deixá-los passar ao máximo em certos momentos, ou enfim corrigir a iluminação violenta demais de uma janela face sul[2] refletindo-a para o teto, que serve de refletor e difusor.

Há uma segunda maneira de intervir no meio óptico: assegurando que a refletância dos objetos e paredes seja adequada. A refletância é a capacidade de uma superfície em refletir a luz e é expressa em percentagem. É o resultado tanto da textura da superfície quanto da cor[3] dos pigmentos que a cobrem. Uma superfície perfeitamente lisa, qualquer que seja sua cor, é um lugar propício aos reflexos especulares: a lâmina de vidro que cobre um console, bem como o aço polido de uma máquina, podem dirigir reflexos perturbadores aos olhos do operador e devem ser evitados. Além disso, se a cor dos locais, objetos e superfícies de trabalho pode contribuir para criar um ambiente visual agradável, é importante controlar a saturação. As superfícies muito claras (pouco saturadas ou de cores luminosas como os amarelos e amarelos esverdeados) podem oferecer uma refletância muito alta e eventualmente ofuscar, enquanto as superfícies escuras podem ser difíceis de ver por produzirem um contraste insuficiente. As escolhas de disposição da iluminação apresentam certa dificuldade, exigindo uma consideração sistêmica dos componentes da situação de trabalho.

Resta considerar uma terceira contribuição à visibilidade: a das características do objeto de trabalho. Devem ser consideradas sobretudo as características dimensionais, ópticas e cinéticas.

Em condições ideais, a visão permite *detectar* objetos notavelmente pequenos, tendo 0,5 segundo de arco (cerca de 0,0003 grau). A maioria das atividades visuais recorre, no entanto, ao poder de distinção da visão: para *reconhecer* um objeto é preciso ser capaz de distinguir separadamente seus componentes. Sabe-se desde a antigüidade grega que estas devem, em princípio, estar separadas por 1 minuto de arco (1/60 de grau ou 0,017 grau); isso corresponde a uma proporção de 3:10.000 entre a distinção dos elementos e a distância que eles se encontram do olho. O indivíduo que num exame de vista alcança esse desempenho é considerado como tendo uma acuidade "normal". Essa normalidade, todavia, é quase uma ficção quando se consideram as tarefas visuais correntes. Assim, essa acuidade "normal" é, em situação clínica, a capacidade de identificar, sem erro,

---

[2] (N.T. – no caso de países situados no hemisfério sul é face norte)

[3] O conceito de cor remete à tonalidade (azul, verde etc.), à saturação (densidade do pigmento numa base branca, p. ex., do rosa ao vermelho), e à claridade (diminuição de luminosidade por adição de preto a uma dada tonalidade-saturação).

letras cuja relação tamanho/distância corresponde a cinco minutos de arco. Um estudo bastante simples, feito na rua junto a milhares de transeuntes (Smith, 1979), mostra que as letras dos cartazes públicos ou publicitários devem atingir doze minutos para que 95% dos transeuntes possam lê-las; o tamanho angular deve ser ainda maior para os anúncios vistos numa distância curta. É portanto difícil se contentar com normas em matéria de tamanho mínimo dos objetos olhados. Digamos que em matéria de impressos, o que em geral é pacífico é que os textos comuns deveriam ser compostos com uma fonte de no mínimo 10 pontos, de preferência 12. Seria necessário ainda considerar a morfologia dos caracteres, pois as fontes de um mesmo corpo não tem todas a mesma legibilidade.

O problema do tamanho se coloca de forma diferente na indústria, por exemplo em certas tarefas de inspeção de objetos de tamanho pequeno. Coloca-se então a questão da seleção de auxílios visuais apropriados, ópticos (lupas, microscópios) ou eletrônicos (vídeos), que não cabe considerar aqui.

Em segundo lugar, a visibilidade depende das propriedades ópticas do objeto, de sua refletância. Mas, como todo objeto se apresenta necessariamente sobre um fundo, é de fato o contraste visual (C) que deve ser considerado, o qual é definido pela relação:

$$C = (L_o - L_f) / (L_o + L_f)\ \%,$$

onde L_o indica a luminância do objeto e L_f a do fundo. Trata-se de otimizar o contraste, pois tanto um contraste muito fraco quanto um muito violento interferem no desempenho, o primeiro tornando confusos os contornos do objeto, o segundo criando desconforto ocular.

Em terceiro lugar, a visibilidade depende das características cinéticas do objeto. Evidentemente, é quando ele está imóvel que é mais fácil reconhecê-lo. A acuidade visual diminui em função da velocidade de deslocamento do alvo. Uma certa compensação se estabelece quando a velocidade é relativamente baixa, com reflexos oculares de perseguição se ativando e permitindo obter uma centralização do objeto móvel na fóvea do olho que persegue. Há limites para as capacidades de perseguição, que podem ser atingidos em certas atividades de inspeção: o operador multiplica os erros e pode até "desligar", a fadiga dos músculos extra-oculares podem induzir a uma parada momentânea da atividade exploratória.

Portanto, há base para considerar que a aquisição de informação visual não pode ser restrita à recepção passiva de um sinal por um receptor. É relativamente fácil deduzir dos princípios que enunciamos regras para a concepção de sinalizadores simples, visores luminosos e cartazes mostrando uma palavra de advertência. Mas a aquisição de informação se dirige a objetos mais complexos: elementos físicos de um posto, mostradores analógicos ou digitais, avisos, manual de procedimentos, disposição numa tela, página de um portal na Internet. Além da visibilidade, a legibilidade também deve ser garantida. Aqui são úteis certos princípios teóricos (p. ex., o "*Proximity-compatibility principle*" de Wickens – Wickens e Hollands, 2000), ou o resultado de diversas abordagens empíricas (Zwaga *et al.*, 1999; Edworthy e Adams, 1996; Hartley, 1995).

Portanto, o campo das intervenções possíveis para o ergonomista facilitar essa aquisição de informação é vasto. Ocorre o mesmo no que se refere à informação auditiva.

A aquisição de informação auditiva

Se, a rigor, é possível fechar os olhos para um panorama, o ambiente sonoro é mais invasivo, já que constantemente presente. Em situação de trabalho ele é, às vezes, altamente complexo, pois podem se acumular as emissões sonoras das máquinas e ferramentas, dos veículos, sistemas de aquecimento, de ventilação, de aspiração, sinalizadores, sistemas de áudio e ainda de muitas outras coisas. Esse acúmulo de emissões pode facilmente atingir intensidades consideráveis e, em muitos países, se concluiu que há exposição excessiva ao *ruído* quando o nível ultrapassa os 85 decibéis. É então necessário intervir para proteger a audição dos trabalhadores, que pode efetivamente sofrer graves prejuízos, em caso de exposição prolongada (cf. cap. 6).

Essa perspectiva deveria pôr em alerta todo bom ergonomista. Mesmo reconhecendo a necessidade de proteger o operador contra as agressões de toda natureza, o ergonomista não pode aceitar definir a situação de um operador em atividade num ambiente sonoro, qualquer que seja a intensidade das emissões, como a de uma simples "exposição" ao "ruído". O que se coloca, antes de mais nada, é a questão da definição de ruído. Os higienistas, os especialistas em prevenção utilizam o conceito para se referir sobretudo a ambientes, onde o *nível sonoro* ultrapassa um valor determinado por norma, e onde é necessário intervir para prevenir o aparecimento da surdez profissional. Para o teórico da informação, o ruído é uma emissão parasita num sistema de transmissão que deveria transmitir *sinais*, ou seja, emissões controladas portadoras de informação. De um modo mais geral, chama-se de ruído toda emissão sonora *desagradável*, o que abre a porta para mais de uma interpretação. Como se deve considerar a emissão sonora de um motor "barulhento" usada pelo operador para deduzir indícios do funcionamento, dos sinais de sobrecarga, da necessidade de regulagem?

Nesse ambiente sonoro, o operador não pode se permitir ouvir somente o todo, sem discriminação. À *audição*, captação passiva e indiferenciada de todos os sons presentes, se superpõe a *escuta*, aquisição ativa de informação. A atenção se dirige a algumas das emissões, por mecanismos de seleção que ainda nos escapam em grande medida, mas nos quais as regulagens motoras não intervêm, como no caso da informação visual. Aliás, uma das dificuldades do estudo da escuta vem justamente do fato de que ela se manifesta pouco no comportamento daquele que escuta, cuja simples observação é freqüentemente pouco eficaz; é necessário recorrer às verbalizações para ter acesso ao estudo das aquisições de informações sonoras. E três problemas, pelo menos, se colocam: a detecção do sinal, em seguida a sua localização e, sobretudo no caso da fala, a inteligibilidade.

Para ser percebido, um som deve fazer parte do espectro dos sons audíveis, teoricamente entre 20 e 20.000 Hz. Mas ele precisa também ter uma intensidade suficiente, estimada habitualmente em 40 dB acima de seu limiar absoluto, num ambiente silencioso. O problema é, evidentemente, que os ambientes de trabalho são ruidosos, e que o ruído interfere de maneira complexa na detecção do sinal: tudo depende ao mesmo tempo da composição espectral do ruído e do sinal, e das intensidades relativas de ambos. Há freqüentemente encobrimento do sinal e esse encobrimento se manifesta principalmente quando o sinal e o ruído têm espectros sonoros similares, ou quando o nível de ruído é considerável. Nada mais eficaz, para encobrir o sinal de alarme de um aparelho, que o sinal de alarme similar do aparelho vizinho, e essas situações são freqüentes nos ambientes de trabalho (Hétu, 1994).

Coloca-se em seguida para o operador, em muitas circunstâncias, o problema da localização da fonte emissora: em qual direção, a qual distância ela se encontra?

Neurofisiologicamente, essa localização se baseia em grande parte nas diferenças interauriculares (intervalos de tempo, diferenças de intensidade ou de fase) dos sons captados. O operador pode facilitar a localização através de ligeiros movimentos da cabeça que modulam a posição relativa da cabeça e da fonte. O ruído ambiente e a complexidade da disposição espacial tornam a localização mais difícil. Dados bastante interessantes sobre a localização de uma ambulância (sirene) por motoristas de automóvel deixam claro as dificuldades: imprecisão da localização lateral e superavaliação da distância na qual o alvo se encontra, erros freqüentes de inversão (adiante-atrás), todas aumentadas pela presença de outros eventos sonoros, quando se abre uma janela ou se liga o rádio (Caelli e Porter, 1980). A complexidade do ambiente sonoro dos locais de trabalho torna difícil a tarefa de localização das fontes.

O problema do reconhecimento do conteúdo do sinal se coloca com muita acuidade no caso da fala. Um número muito grande de estudos da inteligibilidade da fala ressalta evidentemente as competências lingüísticas dos interlocutores, mas também o impacto dos fatores ambientais: o nível de ruído ambiente e a reverberação do local são cruciais. Só se obtém uma inteligibilidade satisfatória quando o contraste sonoro é significativo, quando a relação sinal-ruído (i.é. a diferença entre o nível do sinal e o do ruído expressa em decibéis) atinge uma dezena de decibéis, o que pode ser difícil de se atingir em ambientes ruidosos; a situação se complica pelo fato de que a inteligibilidade da fala gritada, à qual é inevitável recorrer em tais circunstâncias, é mais baixa que a de uma elocução em voz normal, entre outras razões pela amplificação diferencial das vogais e consoantes. O segundo fator determinante é a reverberação dos locais; nada pior que uma "catedral industrial" para interferir na inteligibilidade: os locais vastos, com paredes feitas de materiais pouco absorventes, têm um tempo de reverberação muito longo que "prolonga" todos os sons e os torna confusos para aquele que escuta.

Mesmo que o ruído crie problemas para essas três atividades (detecção, localização, reconhecimento), é forçoso admitir que infelizmente as intervenções preventivas para atenuar o ruído ou para proteger o operador podem, às vezes, criar novos problemas. Um estudo clássico (Talamo, 1982) relata o paradoxo ocorrido no caso da insonorização de uma cabine de trator com o objetivo de diminuir a exposição dos condutores... que abriram as janelas porque, mantendo-as fechadas, ficavam privados do retorno sonoro de suas atividades de direção. Em outros casos, é bem conhecido o fato de que os protetores auditivos atenuam a detecção dos sinais e interferem na localização das fontes. Outros estudos mostram que a inteligibilidade da fala é afetada pelo uso de protetores, sobretudo quando tanto o locutor quanto o receptor os estão usando (Hoermann *et al.*, 1984).

Esses poucos dados ressaltam um dos papéis que cabe ao ergonomista em matéria de comunicação sonora: ele deve deixar claro que, para se chegar a uma certa eficácia em relação a esse assunto, deve-se abordar a questão dos ambientes sonoros de forma quantitativa mas também qualitativa, e garantir que a insonorização ou a proteção auditiva levem em conta não só a necessária proteção contra a agressão, mas também as exigências da aquisição de informação sonora.

Ele também pode participar da concepção dos sistemas técnicos de comunicação, bem como na seleção dos sinais. Os estudos de Hétu (Hétu, 1994; K. Momtahan *et al.*, 1993) deixam evidente a total anarquia que impera no assunto. Seja em ambientes industriais, seja em ambientes hospitalares, o problema é o mesmo: a multiplicação das fontes e a similaridade dos sinais geram uma cacofonia impressionante. O mesmo sinal pode indicar, aqui o fim normal de uma operação, ali um mau funcionamento exigindo

uma intervenção urgente. Cabe constatar a ausência de princípios diretores que permitam constituir futuramente um léxico, ou mesmo uma gramática da sinalização sonora. Hétu *et al.* (1995) fizeram pesquisas e um balanço dos conhecimentos que os levou a preconizar certas escolhas para otimizar a possibilidade de detecção, de localização e também, a inteligibilidade dos sinais de alerta. Enfatizam, entre outras coisas, a necessidade de fixar o coeficiente sinal-ruído numa faixa entre 13 e 25 dBA, de escolher um espectro reunindo ao menos quatro componentes de freqüência numa faixa que se estende de 300 a 3.000 Hz, de indicar o grau de urgência por um aumento da freqüência de base do sinal e do número de pulsações totais, para enfim sugerir que se limite a seis o número de sinais diferentes apresentados em cada posto. Não é, talvez, algo que facilita a tarefa dos projetistas, mas mostra o quanto a intervenção do ergonomista é certamente essencial.

Pode-se então resumir a situação em matéria de comunicação sonora insistindo no fato de que para além de uma audição passiva das emissões sonoras ambientes, na qual ele deve localizar sinais não solicitados, o operador faz uma aquisição ativa de informações, de emissões pertinentes à sua ação. A tarefa é difícil, levando-se em conta a poluição sonora, bem como as intervenções bem-intencionadas, que contribuem para mascarar o sinal.

Enfim, é possível colocar a questão da eficácia relativa do uso de sinais sonoros e visuais, embora não possamos nos estender aqui no assunto. Nas situações em que é preciso conceber um sinal destinado a chamar a atenção do operador, o que escolher? Difícil, essa escolha só pode ser feita levando em conta o meio sonoro (um sinalizador sonoro a mais num ambiente barulhento não será eficiente), o panorama visual (uma luzinha vermelha piscando a mais...), a circulação das pessoas (é mais fácil, sobretudo num ambiente aberto, reagir ao som do que à luz). Coloca-se também a questão da natureza da informação a ser transmitida; a esse respeito, um interessante estudo de Edworthy e Loxley (1990) ressalta o quanto ainda é difícil escolher os parâmetros de um sinal sonoro (freqüência, mudança de freqüência, ritmo etc.) para transmitir eficazmente a informação quanto à urgência de uma intervenção numa dada situação.

Consideremos agora uma última modalidade de informação, que permite colher informações quanto aos aspectos mecânicos do ambiente.

A aquisição de informação manual

É bastante paradoxal que se utilize um nome derivado de um verbo de ação, o "tato"[4], para designar uma modalidade sensitiva que a fisiologia se esmerou, mais uma vez, a nos apresentar como resultante de pequenos receptores distribuídos na pele, que captam a informação decorrente das deformações da epiderme pelos objetos que com ela entram em contato. Dissecou-se a função desses orgânulos, documentando-se por exemplo a capacidade de discriminação tátil. Tentou-se, às vezes, de forma um tanto arbitrária, atribuir funções complementares a uma variedade de orgânulos intracutâneos que a histologia descobrira.

Foi em grande medida a emergência do conceito de "tato ativo" (*active touch,* Gordon, 1978) que nos permitiu deixar de lado esse modelo. Os diferentes autores que participaram nesse livro deixam bem claro a que ponto a estimulação "passiva" dos órgãos

[4] Em francês, usa-se a palavra "toucher" tanto para o verbo "tocar" quanto para o substantivo que designa este sentido. N.T.

receptores cutâneos pelo contato de um objeto externo (que um experimentador manipula) não permite ao sujeito obter informações válidas sobre a natureza ou as propriedades desse objeto. Ao contrário, quando o sujeito pode manipular o objeto, mesmo vendado, a apreciação que ele pode fazer de suas características permite uma identificação.

Dessas considerações resultaram dois ensinamentos importantes, além da constatação dos limites do modelo fisiológico. Por um lado, que é impossível dar conta da realidade dessa forma de aquisição de informação sem recorrer a um modelo polissensitivo, onde muitos "receptores" diferentes são ativados ao mesmo tempo e fornecem informações complementares: exteroceptores mecânicos (tato leve, pressão profunda, estiramento cutâneo, vibração) e térmicos entram todos em ação. Por outro lado, que a aquisição de informação é aqui impossível sem atividade motora, sem a manipulação do objeto examinado, que coloca então em ação os receptores cutâneos; além disso, essa manipulação é acompanhada por uma ativação recíproca da família dos receptores cinestésicos (musculares, tendinosos, articulares). Não faz mais sentido falar apenas em receptores, o que se tem agora é a mão como órgão sensório-motor do apalpamento, a aquisição de informação manual. E isso implica, em graus diversos, a apreciação exteroceptiva simultânea da textura e da temperatura, mas também, graças à ativação da propriocepção, a apreciação da massa, volume, forma e consistência do objeto manipulado.

Acrescentemos que a finalidade dessa aquisição de informação pode ser simplesmente exploratória, quando se trata de identificar o objeto, ou então operatória, quando se trata (além disso) de ativar um comando; nesse caso, outras informações serão adquiridas durante a operação, quanto ao desenvolvimento do movimento comandado e seus efeitos.

As atividades exploratórias manuais não foram objeto de estudos numerosos nem intensivos em ergonomia. Na maioria das vezes, são quando muito mencionadas no estudo das tarefas de controle, por exemplo no estudo clássico, na ergonomia francófona, sobre a condução da máquina "trio" que faz o condicionamento de cigarros (Wisner *et al.*, 1972). No entanto, elas ocorrem em numerosas tarefas de inspeção, particularmente naquelas em que importa controlar a textura fina de um produto, nas últimas etapas da produção. Lederman (1978 *a* e *b*) relata o caso de tarefas, como a inspeção de pneus, de objetos saindo do molde, do acabamento de carrocerias de automóveis, onde a inspeção é feita não (só) visualmente, mas também pelo tato.

Lederman chama a atenção para o fato de que, paradoxalmente, é freqüente o uso pelos operadores de luvas de algodão, ou mesmo interpondo-se pedaços de tecido (seda) entre a pele e o objeto na realização dessas tarefas. É bastante surpreendente que se impeça assim o contato mais imediato da pele com o objeto. A autora tentou explicar esse paradoxo mostrando o quanto a apreciação da textura de uma superfície e a detecção do relevo causado por defeitos residuais são prejudicadas quando há travamento da pele como resultado da fricção com a superfície inspecionada. Ela estudou esse problema experimentalmente, fazendo diferentes sujeitos avaliarem a rugosidade de lixas de diferentes calibres. Mostrou que, quando se interpõe um papel seda entre a pele e a lixa, diminuindo assim o atrito, os sujeitos estimam que as lixas são de calibre maior do que quando o contato é direto. Concluiu que, nas tarefas de inspeção pelo tato, os inspetores com luvas detectariam melhor os defeitos de relevo com elas, pois estas reduziriam o coeficiente de fricção pele-objeto. É provavelmente o que também explica o modo operatório adotado no conserto das carrocerias de automóveis. Os operadores

encarregados do polimento final dos revestimentos fazem com freqüência a inspeção sem proteção nas mãos, e estas estão habitualmente bem cobertas da poeira resultante do polimento, o que reduz a fricção pele-superfície.

Os ergonomistas se interessaram desde o início pelo problema do reconhecimento de formas com a mão, em particular dos comandos permitindo a condução de máquinas de todos os tipos. Esses estudos foram provavelmente iniciados em seguida à constatação de falhas como no caso que Chapanis (1999) relata de novo: várias centenas de acidentes ocorridos durante a aterrissagem de aviões militares na Segunda Guerra Mundial eram causados pela confusão entre dois comandos ativados por manches vizinhos que os pilotos deviam reconhecer com a mão, às cegas. A constatação desse erro levou a estudos empíricos sobre a concepção de formas de manches fáceis de identificar por apalpamento, que se tornaram clássicos: Jenkins, em 1947, propôs conjuntos de manches fáceis de identificar pelo tato.

Estudos como esses ressaltaram o problema da codificação dos comandos manuais. A identificação dos botões de comando pode ser feita às cegas com base em sua morfologia, suas dimensões, a textura das superfícies, sua localização num conjunto, do modo operatório utilizado para ativá-los (pressionamento, rotação, deslizamento, movimento basculante etc.). Embora esses princípios sejam bem conhecidos, com freqüência são pouco ou mal utilizados, de modo que, por exemplo, ainda ocorre a muitos motoristas de automóveis confundirem a aleta das setas com a do limpador de pára-brisas...

A mão está em contato com o objeto de trabalho e com o ambiente, de tal modo que ela é objeto de numerosas agressões de natureza bastante diferente, suscetíveis de alterar o estado da pele e modificar tanto as capacidades sensoriais quanto a destreza. O esfriamento da pele, por exemplo, produz uma diminuição acentuada da destreza e das sensibilidades. Já a sudorese excessiva resulta num umedecimento que muda o coeficiente de fricção, podendo modificar a apreciação da textura bem como a precisão do gesto, ou a força que é possível exercer num botão etc. Cita-se a esse respeito a confecção pelos operadores de revestimentos instalados sobre as alavancas de certas ferramentas; feitas com fita adesiva, servem para manter uma fricção suficiente, mesmo quando a pele está úmida. A indústria não demorou a se apropriar desse achado, colocando à venda ferramentas equipadas dessa maneira.

Na maioria das situações de trabalho, essa exposição da mão às agressões químicas, mecânicas, térmicas e microbiológicas leva ao uso de equipamentos de proteção, mais particularmente de luvas. Ora, com exceção das situações muito específicas que Lederman estudou (1978 *a* e *b*), a interferência das luvas na aquisição da informação, e sobretudo na destreza, é bem documentada. Os estudos de Bradley mostram desde 1969 como diferentes características das luvas (ajuste, elasticidade, fricção, grau de proteção) têm um impacto na realização de tarefas manuais simples. O interesse desse trabalho está em mostrar que o impacto é muito diferente conforme a natureza da tarefa, ou mesmo do gesto: não é o mesmo na rotação de um manche ou na ativação (movimento basculante) de um interruptor. O problema com freqüência se complica pelo fato de que quanto mais a luva protege, mais ela interfere na atividade, como demonstrou Bensell (1993).

Ainda pouco conhecidas, as aquisições de informação manual são, ao que tudo indica, o resultado de uma atividade específica destinada à aquisição de informação, além de acompanhar e contribuir para conduzir o gesto.

Em resumo

Receptores? Em muitas situações de trabalho, nossos órgãos sensoriais ou sensíveis servem efetivamente para captar sinais emitidos, por máquinas ou por pessoas, que o operador não necessariamente solicitou. O operador não procurou o pisca-pisca que indica um problema, o alerta sonoro que indica o fim de uma operação, o ruído repentino que aponta um problema de funcionamento, o grito de um colega que chama sua atenção para um fator de risco. Em sua função de receptores, os órgãos sensoriais e sensíveis estão passivamente disponíveis a emissões de informação, cujo teor transmitem aos centros nervosos, que as usam segundo uma análise de sua pertinência.

Tentamos enfatizar neste texto que, ao lado dessa função de receptores passivos, os mesmos órgãos e orgânulos estão também funcionalmente integrados a verdadeiros processos de aquisição ativa, planificada, da informação que emana do sistema técnico, no qual o operador age.

O conceito de sistema Homem-Máquina serviu durante muitos anos – e serve ainda, em certos meios – como modelo das interações entre o operador e o sistema técnico, no qual ele age. Sofreu, com razão, uma boa dose de críticas: convenhamos que, em suas acepções clássicas, era simplista e redutor. Permitia ilustrar uma certa representação das situações de trabalho pondo em evidência o quanto seus proponentes concebiam a máquina

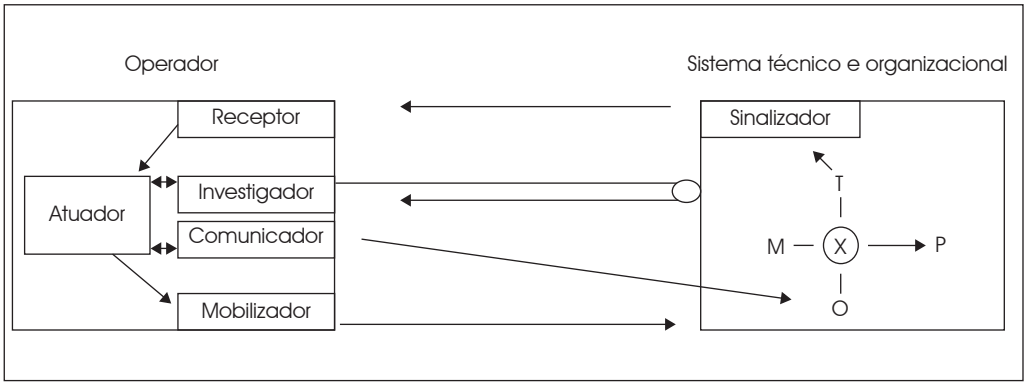

Fig. 1 Um modelo das trocas de informação no trabalho. O sistema tecno-organizacional é descrito como sendo composto de O, representando os elementos organizacionais, principalmente as outras pessoas implicadas na condução imediata ou mediata do sistema; M, os materiais ou matérias-primas (no sentido amplo dos entrantes do sistema); T, o dispositivo técnico e P, o produto do trabalho que resulta de sua mobilização.

como responsável pelas transformações do produto do trabalho, o operador concebido por um lado como mobilizador da coisa, mas também como o receptor da informação que ela se dignava a emitir. Num modelo desse tipo, guiado pelas representações também redutoras dos modelos iniciais da teoria da informação, o operador é emissor não de informações, mas apenas de ações que mobilizam o dispositivo técnico, e o receptor das informações produzidas em retorno pelo sistema técnico; a máquina recebe diretrizes do operador em sua interface e emite sinais na direção dele.

Pode-se propor alguns acréscimos ao modelo clássico, sem ter a intenção aqui de elaborar um outro modelo global, nem recensear as evoluções pelas quais o arquétipo

passou: levando-se em conta as dificuldades da modelagem dos sistemas complexos, seria uma missão impossível no âmbito deste capítulo. Os acréscimos aqui propostos tentam dar conta da multiplicidade dos processos de troca de informação na situação de trabalho. A Figura 1 apresenta essa tentativa.

Neste modelo, o operador é "movido" por um atuador, representação simples do conjunto dos mecanismos de tratamento da informação e dos processos decisórios, cuja estrutura e funcionamento poderão ser melhor descritos por outros. Esse atuador se vale de quatro funções, as quais podem recorrer aos mesmos órgãos, aos mesmos substratos anatômicos.

A primeira dessas funções é o mobilizador: trata-se do conjunto dos atos de comando do sistema, que não estudamos aqui. Três funções de tratamento da informação nos dizem respeito mais diretamente. A função "receptor" serve para receber o conjunto das emissões sonoras, visuais ou mecânicas não solicitadas: os sinais de alerta do sistema técnico, os avisos provenientes de outras pessoas, as emissões acompanhando uma disfunção, tais como uma vibração, um "ruído" repentino que, paradoxalmente, constitui um sinal. O atuador é passivo em relação ao receptor, só o ativa na medida em que pode fazer a triagem da informação que recebe dele. A função "investigador" serve para procurar e colher ativamente informações sobre o conjunto do dispositivo técnico e organizacional através do olhar, audição e exploração manual, em vez de ficar à espera dos sinais. Por fim, a função "comunicador" permite as trocas do operador com os componentes organizacionais do sistema, os parceiros humanos implicados na mobilização do mesmo sistema.

É portanto nesse amplo contexto que convém situar as ações informacionais do operador. Demos ênfase à dualidade da aquisição de informação, ao mesmo tempo captação passiva de emissões diversas e aquisição ativa de informações. É necessário acrescentar o "investigador" ao receptor para compreender efetivamente o quanto é importante o lugar da aquisição de informação na atividade de trabalho. E é necessário acrescentar o comunicador a esse conjunto, aspecto abordado em outra parte deste livro (cf. cap. 14), para compreender como um complexo sistema de tratamento da informação é necessário para a mobilização dos sistemas de trabalho.

Referências

BENSELL, C. K. The effects of various thicknesses of chemical protective gloves. *Ergonomics,* London, *v.*36, n.6, p.687-696, 1993.

BRADLEY, J. V. Glove characteristics influencing control manipulability. *Human Factors*, New York, v.11, n.1, p.21-36, 1969.

CAELLI, T.; PORTER, D. On difficulties in localizing ambulance sirens. *Human Factors*, New York, v.22, n.6, p.719-724, 1980.

CHAPANIS, A. *The Chapanis Chronicles.* Santa Barbara (CA): Aegean Pub. 1999.

DESNOYERS, L. Coup d'oeil et déclin d'oeil: sénescence et expérience dans le regard. In: MARQUIÉ, J.C; PAUMÈS, D.; VOLKOFF, S. *Le travail au fil de l'âge.* Toulouse: Octarès, 1995.

____; LE BORGNE, D. *Vision et travail.* In: *La protection oculaire.* Montréal: Institut de recherche appliquée sur le travail,1982.

____; DUMONT, D. Caplamp lighting and visual search in mine drilling operations. In: BROGAN, D. *et al. Visual Search 2.* London: Taylor & Francis, 1993. p.443-451.

EDWORTHY, J.; ADAMS, A. *Warning Design:* a research perspective. London: Taylor & Francis, 1996.

____; LOXLEY, S. Auxiliary warning design: the ergonomics of perceived urgency. London: Taylor & Francis, 1990.

GORDON, G. *Active touch.* Oxford: Pergamon, 1978.

HARTLEY, J. Is this chapter any use? Methods for evaluating text. In: WILSON, J.; CORLETT, E. N. *Evaluation of human work.* London: Taylor & Francis.1995.

HÉTU, R. Mismatches between auditory demands and capacities in the industrial environment. *Audiology*, v.33, p.1-14, 1994.

____; QUOC, H. T. ; LAROCQUE, R. Guide de conception d'avertisseurs sonores pour les milieux industriels. In: Conception ergonomique des avertisseurs sonores de danger pour les milieux de travail bruyants et réverbérants. Montréal: Institut de recherche en santé et en sécurité du travail, 1995. (Online). Disponível em: http//:www.irsst.qc.ca.

HOERMANN, H.; LAZARUS-MAINKA C.; SCHUBEIUS, M.; LAZARUS, M. The effect of noise and the wearing of ear protectors on verbal communication. *Noise Control Engineering Journal*, v.23, n.2, p.69-77, 1984.

JENKINS, W. O. The tactual discrimination of shapes for coding aircrafttype controls. In: FITTS, P. M. *Psychological research on equipment design.* Washington, DC.: Army, Air Force Aviation Psychology Research Program Reports, 1947. (Research Report, 19).

LEDERMAN, S. J. Improving one's touch... and more. *Perception and Psychophysics*, v.24, p.154-160, 1978.

____. Heightening tactile impressions of surface texture. In: GORDON, G. *Active touch. Oxford:* Pergamon, 1978.

MOMTAHAN, K.; HÉTU, R.; TANSLEY, B. Audibility and identification of auditory alarms in the operating room and intensive care unit. *Ergonomics*, London, v.36, n.10, p.1159-1176, 1993.

SMITH, S. L. Letter size and legibility. *Human Factors*, New York, v.21, p.661-670, 1979.

TALAMO, J. D. The perception of machinery indicator sounds. *Ergonomics*, London, v.25, n.1, p.41-51, 1982.

WICKENS, C. D.; HOLLANDS, J.G. *Engineering psychology and human performance.* 3.ed. Upper Saddle River, NJ.: Prentice-Hall, 2000.

WISNER, A.; FORET, J.; BUISSET, J.; FINOT, M. *Étude du poste de conducteur de machine "trio".* Paris: Conservatoire National des Arts et Métiers, 1972.

ZWAGA, H. J. G.; BOERSEMA, T.; HOONOUT, H. C. M. *Visual Information for everyday use:* design and research perspectives. London: Taylor & Francis, 1999.

Ver também:

14 – Comunicação e trabalho

15 – Homens, artefatos, atividades: perspectiva instrumental

26 – Ergonomia e concepção informática

39 – Condução de automóveis e concepção ergonômica